

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Б.В. КАРГИН, В.Р. КАРГИН, А.В. КАЗАКОВ

ПРАКТИКУМ ПО ТЕОРИИ И ТЕХНОЛОГИИ КОВКИ И ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве практикума для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение, 22.03.02 Металлургия

САМАРА
Издательство Самарского университета
2022

УДК 621.73 (075)

ББК 34.623.я7

К218

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. Е. А. Носова,
канд. техн. наук, доц. А. П. Быков

Каргин, Борис Владимирович

К218 Практикум по теории и технологииковки и горячей штамповки : практикум / Б.В. Каргин, В.Р. Каргин, А.В. Казаков. – Самара: Издательство Самарского университета, 2022. – 140 с. : с ил.

ISBN 978-5-7883-1737-3

В практикуме изложены теоретические сведения, основные определения и формулы для расчета технологических параметровковки и горячей объемной штамповки поковок и штамповок на различных типах кузнечно-штамповочного оборудования: припусков, допусков и кузнечных напусков, размеров и массы заготовок, усилия и выбора типа оборудования. Приведены задачи и упражнения, рекомендации и типовые примеры по их выполнению, конструированию чертежей реальных поковок, геометрии ручьев штампов, а также справочный материал.

Предназначен для подготовки к традиционным занятиям при освоении дисциплин «Теория и технология кузнечно-штамповочного производства», «Теория и технология горячей штамповки» по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение и 22.03.02 Металлургия.

Подготовлен на кафедре обработки металлов давлением.

УДК 621.73 (075)

ББК 34.623.я7

ISBN 978-5-7883-1737-3

© Самарский университет, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Теория и технология ковки	5
1.1. Определение размеров и массы заготовки	5
1.1.1. Теоретические сведения	5
1.1.2. Задачи и упражнения	15
1.2. Технологические режимы ковки	26
1.2.1. Теоретические сведения	26
1.2.2. Задачи и упражнения	38
1.3. Выбор оборудования для ковки	53
1.3.1. Теоретические сведения	53
1.3.2. Задачи и упражнения	58
2. Теория и технология горячей штамповки	66
2.1. Разработка чертежа молотовой поковки	66
2.1.1. Теоретические сведения	66
2.1.2. Задачи и упражнения	73
2.2. Определение размеров и массы молотовых заготовок	75
2.2.1. Теоретические сведения	75
2.2.2. Задачи и упражнения	79
2.3. Расчет ручьев молотовых штампов	81
2.3.1. Теоретические сведения	81
2.3.2. Задачи и упражнения	90
2.4. Выбор оборудования для штамповки на молотах	92
2.4.1. Теоретические сведения	92
2.4.2. Задачи и упражнения	97
2.5. Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах	98
2.5.1. Теоретические сведения	98
2.5.2. Задачи и упражнения	112
2.6. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах	119
2.6.1. Теоретические сведения	119
2.6.2. Задачи и упражнения	125
Библиографический список	128
Приложение	132

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании технологических процессовковки и горячей объемной штамповки специалистам приходится решать целый комплекс вопросов, связанных с нахождением рациональных условий выполнения конкретных производственных операций. В техническом отношении эти условия выражаются через определение основных технологических параметров процессовковки и горячей объемной штамповки:

- выбор технологической схемы изготовления поковок;
- составление чертежа поковки и штамповки;
- разделение материалов на мерные заготовки;
- выбор допустимой степени деформации в рассматриваемой операции за проход, что позволяет рассчитать рациональное число и последовательность переходовковки и горячей объемной штамповки;
- расчет оптимальных размеров, формы и массы заготовки, что дает возможность уменьшить объем ручных и доводочных работ или полностью ликвидировать их;
- выбор рационального температурно-скоростного режимаковки и штамповки с учетом теплового эффекта при деформации;
- определение силовых параметров (усилие, работа, мощность), необходимых для выбора типа кузнечно-штамповочного оборудования и штамповой оснастки;
- конструирование ручьев штампов.

Так как перечисленные выше технологические параметры пластического деформирования металлов взаимосвязаны между собой, то при разработке рациональных режимов технологических процессов изготовления поковок и штамповокковкой и горячей объемной штамповкой необходимо их комплексное изучение.

1. ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ КОВКИ

1.1. Определение размеров и массы заготовки

1.1.1. Теоретические сведения

Масса исходного стального слитка,

$$G_{сл} = G_{пок} + G_{пр} + G_{д} + G_{у} + G_{о} + G_{в}, \quad (1)$$

где $G_{пок}$ – масса поковки, кг;

$G_{пр}$ – масса прибыльной части слитка, кг;

$G_{д}$ – масса донной части слитка, кг;

$G_{у}$ – масса угара (окалины), кг;

$G_{о}$ – масса обсечек и обрубков, кг;

$G_{в}$ – масса выдры, кг.

Масса поковки

$$G_{пок} = V_{пок} \rho = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_N) \rho, \quad (2)$$

где $V_{пок}$ – объем поковки;

ρ – плотность штампуемого металла;

V_1 ; V_2 ; V_3 и т.д. – объемы элементарных частей объема поковки;

N – число элементарных частей объема поковки $V_{пок}$.

На практике [1-3] объем поковки $V_{пок}$ разбивают условно на ряд легко вычисляемых элементарных объемов (цилиндр, кольцо, диск, призма, усеченный конус и т.д.) Затем элементарные объемы

суммируют и умножают на величину плотности штампуемого металла ρ . Для стальных поковок $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$.

Потери металла: от прибыльной части 20–25% массы слитка для углеродистой стали с утепленной прибылью, 25–30% – для легированной конструкционной стали; от донной части слитка 5–7% массы слитка для углеродистой стали с утепленной прибылью и 7–10% – для легированной конструкционной стали; на угар за первый вынос 2% массы слитка, а за каждые последующие 1–1,25% для поковок сплошного сечения и 1,25–1,5% для поковок пустотелых; на обсечки 0–5% массы слитка. Массу обсечек определяют для конкретных условий ковки на обрубке:

Минимальная масса концевых обрубков, кг:

– для круглых сечений диаметром D :

– при ковке под молотом $G_o = 0,23D^3 \rho$;

– при ковке под прессом $G_o = 0,21D^3 \rho$;

– для прямоугольных сечений с размерами B (ширина) и H (высота):

– при ковке под молотом $G_o = 0,3B^2 H \rho$;

– при ковке под прессом $G_o = 0,28B^2 H \rho$

Длина обрубка

$$L_o = V_o / F_o,$$

где V_o – объем обрубка;

F_o – площадь сечения обрубка.

Масса выдры при прошивке пустотелым прошивнем:

$$G_B = 1,15 \frac{\pi d_{BH}^2}{4} H_o \rho,$$

где d_{BH} – внутренний диаметр пустотелого прошивня;

H_o – высота прошиваемой заготовки.

Масса выдры при прошивке сплошным прошивнем при применении подкладного кольца:

$$G_B = 0,75 \frac{\pi d^2}{4} H_o \rho,$$

где d – диаметр прошивня.

Масса выдры при прошивке сплошным прошивнем, без применения подкладного кольца,

$$G_B = 0,25 \frac{\pi d^2}{4} H_o \rho.$$

Масса слитка,

$$G_{сл} = \frac{(G_{пок} + G_{отх})}{\eta_{доп}} 100,$$

где $G_{пок}$ – масса поковки, кг;

$G_{отх}$ – масса технологических отходов (обрубки, обсечки, выдра и т.п.), кг;

$\eta_{доп}$ – допустимое использование металла слитка на поковку, %.

Допустимое использование металла, %:

$$\eta_{доп} = 100 - (\eta_{пр} + \eta_d + \eta_v),$$

где $\eta_{пр}$ – отходы с прибыльной части слитка, %;

η_d – отходы с донной части слитка, %;

η_v – потери на угар, %.

Фактический выход годного металла в процентах,

$$\eta_f = \frac{G_{пок}}{G_{сл}} 100\%.$$

Если поковку изготавливают протяжкой, то площадь поперечного сечения исходного слитка определяют из условий возможности получения необходимой уковки по следующей формуле:

$$F_{СЛ} = YF_{ПЛОКМАХ} ,$$

где Y – коэффициент уковки;

$F_{ПЛОКМАХ}$ – максимальная площадь сечения поковки.

Общая уковка заготовки при протяжке за несколько нагревов равна произведению коэффициентов уковки Y_1, Y_2, Y_3, \dots за каждый нагрев:

$$Y_{ОБЩ} = Y_1 Y_2 Y_3 \dots Y_N .$$

Уковку для слитков обычной конструкции из углеродистой и среднелегированной сталей принимают $\geq 2,5-3$, а для удлиненных слитков ≥ 2 .

Для поковок, изготавливаемых осадкой, $H_{ИСХ} / D_{ИСХ} = 1,6 \div 2,5$. При $(H_{ИСХ} / D_{ИСХ}) > 2,5$ осадка заготовки, как правило, сопровождается продольным изгибом со складкообразованием.

Исходный объем горячекатаной заготовки дляковки

$$V_{ИСХ} = V_{ПЛОК} + V_{ОТХ} + V_Y ,$$

где $V_{ОТХ}$ – объем технологических отходов;

V_Y – объем угара.

Объем поковки

$$V_{ПЛОК} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_N ,$$

где V_1, V_2, V_3 и т.д. – объемы отдельных частей поковки, представляющие простые геометрические фигуры.

Объем отходов

$$V_{ОТХ} = V_O + V_B ,$$

где V_O – объем обсечек и обрубков; V_B – объем выдры.

При выборе заготовок из сортового проката потери металла в отходы и на угар определяют таким же способом, как и при выборе слитка.

Объем исходной заготовки с учетом технологических отходов и угара

$$V_{ИСХ} = (V_{ПОК} + V_{ОТХ}) \frac{100 + \delta_v}{100},$$

где δ_v – угар металла, %.

Масса поковки

$$G_{ПОК} = V_{ПОК} \rho,$$

Масса исходной заготовки

$$G_{ИСХ} = V_{ИСХ} \rho$$

Для приблизительного расчета массы исходной заготовки (при ковке из блюмов, слябов и прутков) суммарные потери металла учитывают расходным коэффициентом $K_p > 1$, тогда необходимое количество металла

$$G_{ИСХ} = K_p G_{ПОК},$$

где K_p – расходный коэффициент, определяемый по табл. 1.

Для поковок, изготавливаемых протяжкой, площадь поперечного сечения исходной катаной заготовки находят из соотношения

$$F_{ИСХ} = \gamma F_{ПОКМАХ}.$$

Для блюма принимают уковку $\gamma = 1,3 \div 1,5$, а для обычного проката $\gamma = 1,1 \div 1,3$. Ее предусматривают для устранения крупнозернистой структуры, вызываемой нагревом металла перед ковкой.

Диаметр исходной катаной заготовки

$$D_{ИСХ} = \sqrt{\frac{4F_{ИСХ}}{\pi}} = 1,13 \sqrt{F_{ИСХ}}.$$

При расчетах может оказаться, что полученные данные не позволяют подобрать необходимый диаметр исходной заготовки по

сортаменту ГОСТа. Тогда берут ближайший больший размер диаметра по ГОСТу [4]. Например, вместо расчетного $D_{ИСХ} = 49,2$ мм принимают фактический размер по ГОСТ $D_{ИСХ} = D_{ЗАГ} = 50$ мм (0,05 м).

Таблица 1. Расходные коэффициенты K_p при изготовлении поковок из горячекатаного металла

Категория	Способ изготовления поковок	K_p
1	Без обрезки (фланцы глухие, круглые, овальные, пластины, кубики)	1,02-1,03
2	Протяжкой с последующей гибкой в специальных приспособлениях (скобы, вилки)	1,03
3	Осадкой, с последующей разгонкой полотна или осадкой кольцом (шестерни, фланцы, муфты, крышки)	1,03
4	С помощью клиновых накладок (клинья, шпонки)	1,05-1,09
5	Протяжкой, длинноосные одинакового сечения по длине (валы, бруски, планки, стержни)	1,06-1,08
6	Протяжкой с односторонними уступами (двухступенчатые валы, валы с фланцами, болты)	1,07-1,09
7	Протяжкой с двухсторонними уступами (многоступенчатые валы, прямоугольные бруски с уступами)	1,08-1,1
8	Осадкой с последующей прошивкой, раскаткой, протяжкой на оправке (кольца, втулки, обечайки)	1,10-1,12
9	С обрезкой краев (секторы, державки, кулисы, собачки)	1,09-1,12

Длина исходной заготовки

$$L_{ИСХ} = V_{ИСХ} / F_{ЗАГ} = V_{ИСХ} / F_{СОПТ} ,$$

где $F_{СОПТ}$ – площадь поперечного сечения исходной заготовки, принятой по сортаменту ГОСТ.

Для поковок, изготавливаемых осадкой

$$L_{ИСХ} / D_{ИСХ} = H_o / D_o = 1,6 - 2,5,$$

где D_o и H_o – начальные диаметр и высота заготовки до осадки соответственно.

Учитывая это соотношение, объем исходной осаживаемой заготовки составит

$$V_{ИСХ} = \frac{\pi D_{ИСХ}^2}{4} L_{ИСХ} = \frac{\pi D_{ИСХ}^2}{4} (1,6 \div 2,5) D_{ИСХ}.$$

Отсюда для круглой заготовки

$$D_{ИСХ} = (0,8 \div 1,0) \sqrt[3]{V_{ИСХ}},$$

а для квадратной заготовки сторона квадрата

$$A_{ИСХ} = (0,75 \div 0,90) \sqrt[3]{V_{ИСХ}}.$$

Средний диаметр осаженой заготовки без учета бочкообразования

$$D_K = D_o \sqrt{\frac{H_o}{H_K}},$$

где H_K – высота осаженой заготовки, .

Диаметр круглой заготовки для изготовления поковки прямоугольного сечения, если $\frac{B_{Пок}}{H_{Пок}} > 2$,

$$D_o = \frac{2B_{Пок} + H_{Пок}}{3},$$

где $B_{Пок}$ и $H_{Пок}$ – соответственно ширина и высота поперечного сечения поковки, мм.

Припуски, напуски и допуски регламентированы ГОСТ 7829-89 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые свободной ковкой на молотах [15] и ГОСТ 7062-67 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах [16].

Припуск – предусмотренное превышение размеров поковки против номинальных размеров детали или предварительно ободранной заготовки, обеспечивающее после обработки резанием требуемые чертежом размеры детали (ободранной заготовки) и шероховатость ее поверхности.

Напуск – слой металла (увеличение припуска), упрощающее конфигурацию поковки ввиду невозможности или нерентабельности изготовления поковки по контуру детали.

Допуск на кузнечную обработку – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами поковки.

На рис. 1 показана схема расположения припусков и допусков на поковке, где H – чистовой размер детали, δ_{min} – наименьший припуск на размер H ; Δ – поле предельных отклонений размера поковки (допуск).

Номинальный припуск на размер H

$$\delta = \delta_{min} + 0,5\Delta.$$

Наименьший размер поковки

$$H_{min} = H + \delta_{min}.$$

Номинальный размер поковки

$$H_{nom} = H + \delta_{min} + 0,5\Delta.$$

Наибольший размер поковки

$$H_{max} = H + \delta_{min} + \Delta.$$

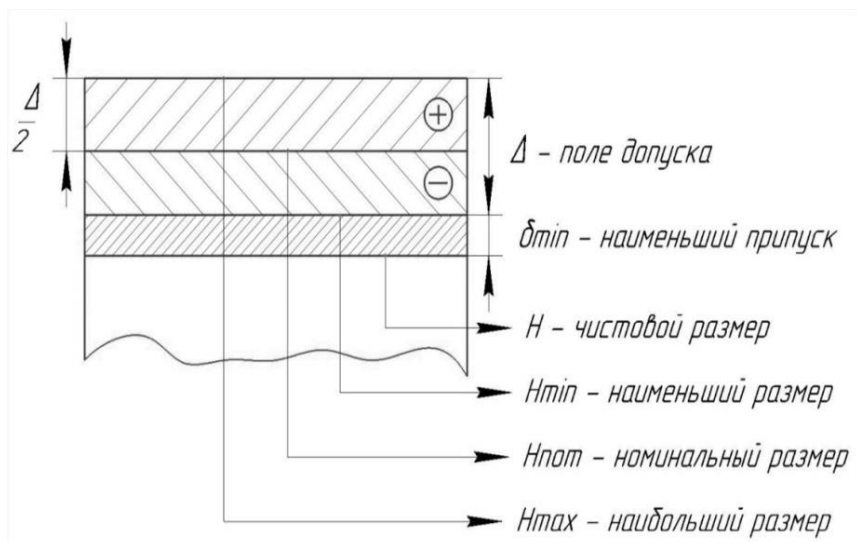


Рис. 1. Схема расположения припусков и допусков

Поле предельных отклонений размера поковки (допуск)

$$\Delta = H_{max} - H_{min}.$$

При подсчете объема заготовки необходимо добавить к минимальному размеру поковки некоторую часть допуска (обычно половину допуска), чтобы вести расчет по номиналу, а допуск ставится в плюс и минус, чтобы соответствовала схеме на рис. 1.

Стальные слитки являются исходными заготовками для кузнечнойковки и горячей штамповки, в основном для крупных поковок [4]. Наиболее часто используют слитки массой 1–25 т. Дляковки крупных изделий используют слитки массой до 350 т (рис. 2). Поперечное сечение слитка может быть круглым, квадратным, прямоугольным и многогранным.

Размеры промышленных слитков, выплавляемых на отечественных заводах, представлены в справочниках [3, 4, 11].

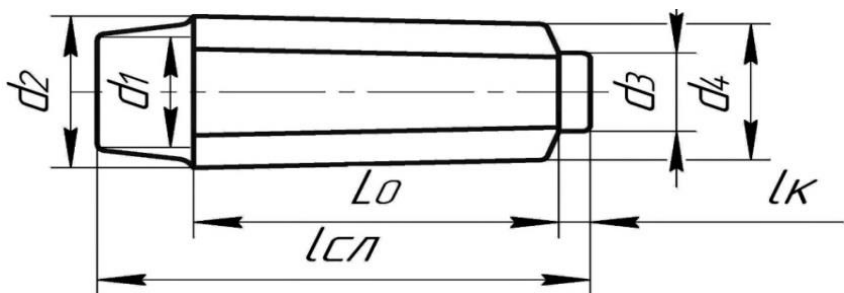


Рис. 2. Форма и размеры стального слитка

Использование сортового проката в качестве заготовок для процессовковки и горячей объемной штамповки позволяет снизить расход металла, трудоемкость изготовления благодаря приближению формы и размеров заготовки к форме готовых изделий (рис. 3).

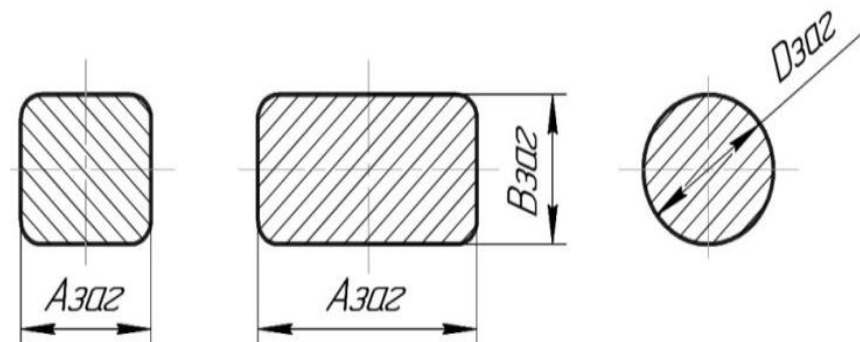


Рис.3. Форма и размеры сортового проката

Сортамент различных видов проката, прессованных профилей, используемых в качестве заготовок дляковки и штамповки приведен в справочниках [3, 4, 11].

1.1.2. Задачи и упражнения

1. Найти массу выдры, получающейся при прошивке отверстия пустотелым прошивнем. Внутренний диаметр пустотелого прошивня 100 мм, толщина поковки 200 мм, а высота прошиваемой заготовки 600 мм. Ответ: масса выдры 170 кг.

2. Поковка прошивается сплошным прошивнем и с применением подкладного кольца. Диаметр прошивня 100 мм, а толщина поковки 150 мм. Чему равен объем выдры? Ответ: объем выдры 883 см³.

3. Найти минимальную массу отхода при прорубке круглого конца прессовой поковки диаметром 400 мм. Ответ: 105,4 кг.

4. Определить минимальную длину отхода при прорубке квадратного кольца молотовой поковки. Сторона квадрата поковки 50 мм, масса отхода 88,2 г. Ответ: 15 мм.

5. Найти расход металла, необходимого для изготовления из слитка поковки массой 2000 кг. Отходы металла при ковке следующие: с прибыльной части 20% массы слитка, с донной части 5%. Ответ: 3000 кг.

6. Заготовка диаметром 900 мм и высотой 1400 мм осажена до высоты 800 мм. Определить средний диаметр осаженной заготовки. Ответ: 1190 мм.

7. Определить диаметр заготовки, необходимой для изготовления поковки прямоугольного сечения шириной 180 мм и высотой 60 мм. Ответ: 140 мм.

8. Масса исходного круглого прутка диаметром 130 мм равна 260,5 кг, а масса 1 м этого же прутка равна 104,2 кг. Найти длину исходного прутка. Ответ: 2,5 м.

9. Масса стальной заготовки 789 кг. Определить диаметр и высоту заготовки при условии, что отношение высоты ее к диаметру равно двум. Ответ: $D_0 = 400$ мм; $H_0 = 800$ мм.

10. Назначить припуски и предельные отклонения для поковки типа пластины с отверстием, изготавливаемой ковкой на прессах,

по ГОСТ 7062-90 [16] с размерами: ширина 1100 мм, высота 820 мм, толщина 400 мм, диаметр отверстия 250 мм.

Решение. Пример выбора припусков и предельных отклонений приведен на рис. 4 в соответствии с табл. 11 ГОСТ 7062-90 [16].

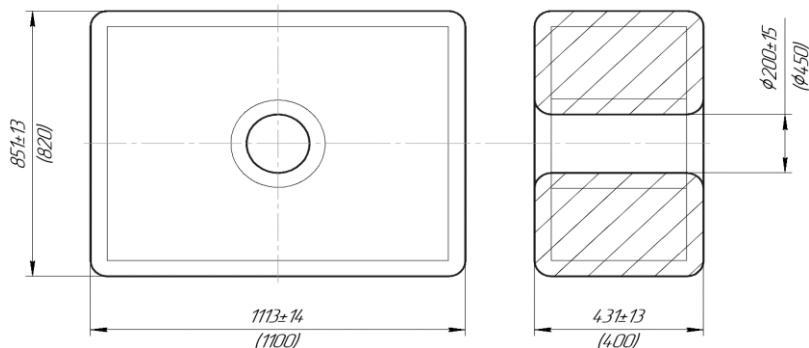


Рис. 4. Чертеж поковки «пластина с отверстием»

11. Назначить основные и дополнительные припуски для поковки круглого сечения с уступами из углеродистой стали по ГОСТ 7829-89 [15], изготавливаемой свободной ковкой на молотах (рис. 5,а).

Решение. Основные припуски и предельные отклонения на диаметры уступов и выступов детали назначают по табл. 2 ГОСТ 7829-89 [15]:

- на диаметр 300 мм 16 ± 5 мм;
- на диаметр 200 мм 14 ± 4 мм;
- на диаметр 263 мм 16 ± 5 мм;
- на диаметр 284 мм 16 ± 5 мм;
- на диаметр 233 мм 15 ± 4 мм;
- на диаметр 180 мм 14 ± 4 мм.

Припуски и предельные отклонения на длину уступов и общую длину поковки назначают в соответствии с п. 15, при этом

длина уступов указывается от единой базы. За базу принят торец выступа диаметром 300 мм на рис. 5,б:

- на длину 48 мм 32 ± 10 мм;
- на длину 336 мм 24 ± 8 мм;
- на длину 396 мм 24 ± 8 мм;
- на длину 1060 мм 0 ± 8 мм;
- на длину 1260 мм 0 ± 8 мм;
- на длину 1600 мм 40 ± 13 мм.

Дополнительный припуск на несоосность назначают предварительно на все диаметры поковки (рис. 5,б), кроме наибольшего диаметра 316 мм. Величину припуска определяют по табл. 3 [15]:

- на диаметр 214 мм припуск 6 мм;
- на диаметр 279 мм припуск 3 мм;
- на диаметр 300 мм припуск 3 мм;
- на диаметр 248 мм припуск 4 мм;
- на диаметр 194 мм припуск 7 мм.

Определяют основное сечение, для чего рассчитывают площади продольных сечений ступеней (рис. 5,б):

$$D'_{max} \times l' = 316 \times 80 = 2,53 \times 10^4 \text{мм}^2;$$

$$D'_{max} \times l'_1 = 214 \times 312 = 6,67 \times 10^4 \text{мм}^2;$$

$$D'_2 \times l'_2 = 279 \times (372 - 312) = 1,67 \times 10^4 \text{мм}^2;$$

$$D'_3 \times l'_3 = 300 \times (1060 - 372) = 2063 \times 10^4 \text{мм}^2;$$

$$D'_4 \times l'_4 = 248 \times (1260 - 1060) = 4,96 \times 10^4 \text{мм}^2;$$

$$D'_5 \times l'_5 = 194 \times (1640 - 1340) = 5,82 \times 10^4 \text{мм}^2.$$

Для ступеней, площадь продольного сечения которых более площади продольного сечения ступени наибольшего диаметра $D'_{max} \times l' = 2,53 \times 10^4 \text{мм}^2$, рассчитывают произведения A_i :

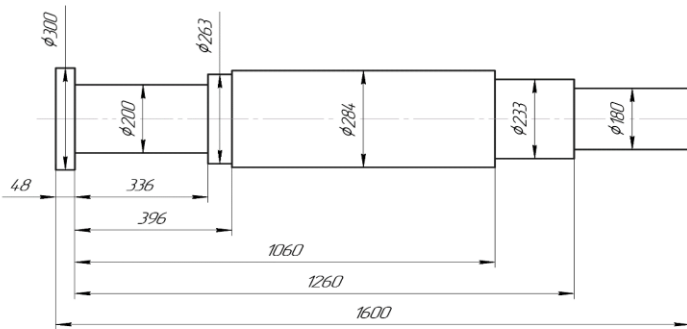
$$\text{для диаметра 214 мм } A_1 = 6(214 \times 312 - 316 \times 80) = 24,8 \times 10^4 \text{мм}^2;$$

$$\text{для диаметра 300 мм } A_3 = 3(300 \times 688 - 316 \times 80) = 54,3 \times 10^4 \text{мм}^2;$$

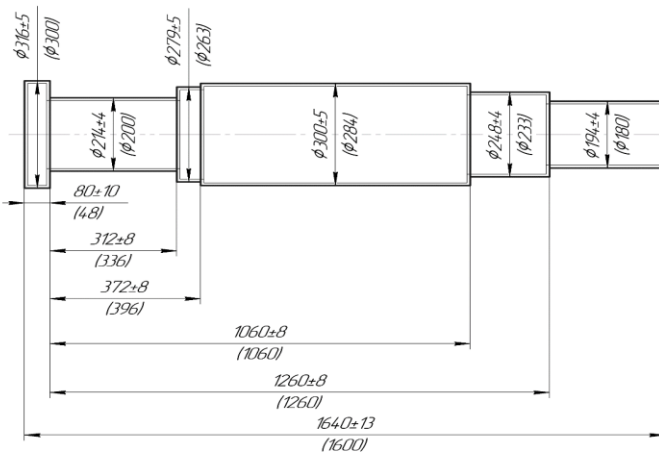
$$\text{для диаметра 248 мм } A_4 = 4(248 \times 200 - 316 \times 80) = 9,7 \times 10^4 \text{мм}^2;$$

$$\text{для диаметра 194 мм } A_5 = 7(194 \times 300 - 316 \times 80) = 22,8 \times 10^4 \text{мм}^2.$$

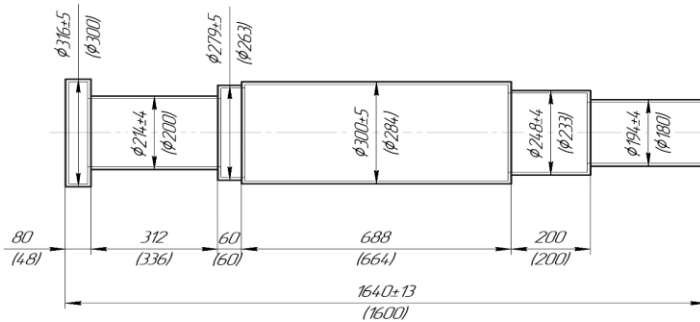
За основное сечение принимают ступень диаметром 300 мм, для которой произведение A_3 является наибольшим.



a



b



b

Рис. 5. Поковка вала с фланцем, выемкой и уступами

В связи с тем, что за основное сечение принят выступ не с наибольшим диаметром, назначаем на диаметр 316 мм дополнительный припуск 3 мм.

Поковка с назначенными на нее основными и дополнительными припусками приведена на рис. 5,в.

Проверяют выполнимость концевых и промежуточных уступов, фланца и выемки (рис. 5,в).

Примем, что поковка будет изготавливаться на молоте, имеющем бойки шириной $B_6 = 350$ мм, тогда:

а) промежуточный уступ диаметром 282 мм и длиной 60 мм невыполним, так как его длина менее величины $l = 0,5 \times B_6 = 175$ мм, регламентируемой табл. 5 [15]. Доведение уступа до выполнимых размеров за счет напуска по длине нецелесообразно, так как при этом прилегающая к нему выемка будет невыполнимой. Поэтому уступ ликвидируют за счет напуска по диаметру. Принимают диаметр уступа равным диаметру соседнего выступа 300 мм;

б) промежуточный уступ диаметром 252 мм и длиной 200 мм выполним, так как высота уступа $h' = 0,5 \times (300 - 252) = 24$ мм больше минимальной высоты 7 мм, регламентируемой табл.4, а его длина более минимальной длины $l' = 0,5 \times B_6 = 0,5 \times 350 = 175$ мм , регламентируемой табл. 5 [15] ;

в) концевой уступ диаметром 201 мм и длиной 324 мм выполним, так как высота его $h' = 0,5(252 - 201) = 26$ мм более минимальной высоты 6 мм, регламентируемой табл. 4, а длина более минимальной длины $l = 0,5 \times B_6 = 0,5 \times 350 = 175$ мм, регламентируемой табл. 5 [15].

г) выемка диаметром 220 мм и длиной 312 мм невыполнима, так как согласно табл. 6 [15] минимальная длина засечки $l'' = 0,7 \times B_6 = 0,7 \times 350 = 245$ мм, а минимальный диаметр выполнимой выемки длиной $l'_2 = 312$ мм при присекании ее от диаметра $D_3 = 300$ мм из условия постоянства объема ступени равен

$$D_{min} = D_3 \sqrt{\frac{l''}{l'}} = 300 \sqrt{\frac{245}{312}} = 312 \text{ мм.}$$

Доводят выемку до выполнимых размеров за счет напуска по диаметру, принимая диаметр выемки 266 мм;

д) фланец диаметром 319 мм и длиной 80 мм при диаметре соседнего уступа 266 мм, выполним, так как его длина более минимальной величины $319 \times 0,2 = 64$ мм.

Окончательные размеры поковки с назначенными на нее основными и дополнительными припусками после проверки выполнимости уступов, фланца и выемки приведены на рис. 6.

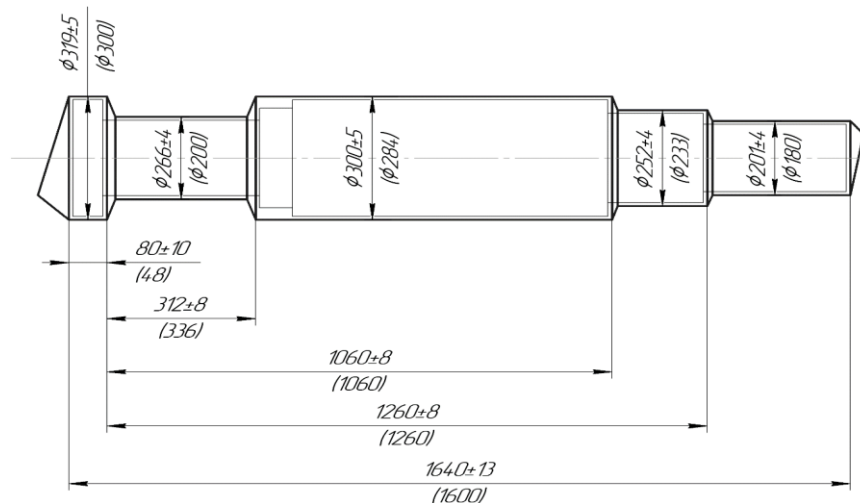


Рис. 6. Поковка с окончательными размерами

12. Найти припуск и предельные отклонения по ГОСТу на диаметр гладкого цилиндрического вала. Номинальные диаметр и длина вала соответственно равны 80 и 700 мм. Поковку изготовля-

ют на молоте. Материал исходной заготовки – горячекатаная сталь.
Ответ: 9; ± 3 мм.

13. Определить припуск и наибольшие отклонения по ГОСТу на длину гладкого цилиндрического вала. Номинальные диаметр и длина вала соответственно 530 и 2300 мм. Поковку изготавливают на ковочном прессе по II группе точности. Исходная заготовка – слиток из стали 40. Ответ: 84; ± 30 мм.

14. Поковку для вала с уступом (рис. 7) изготавливают из бруса на гидравлическом прессе. Материал – сталь 40. Поковка имеет напуск. Чему равны припуски и наибольшие отклонения на диаметр и длину поковки по ГОСТу, если ее изготавливают по I группе точности? Ответ: на диаметр 17; ± 4 мм; на длину 51; ± 12 мм.

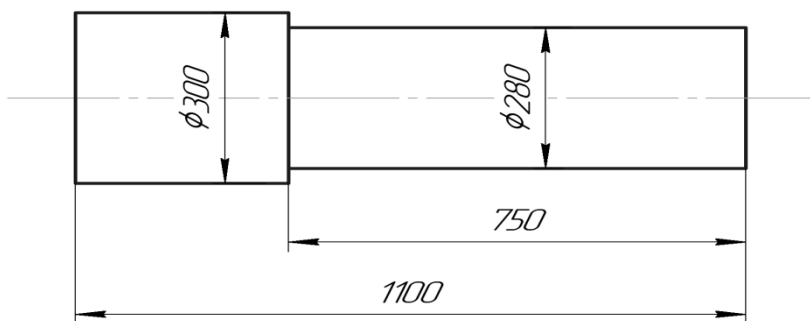


Рис. 7. Вал с уступом

15. Найти номинальный (расчетный) диаметр поковки круглого гладкого вала, изготавливаемого на молоте из проката, если номинальный диаметр детали 150 мм, а ее длина 1100 мм. Ответ: 162 мм.

16. Определить наименьший припуск на сторону квадрата 125 мм гладкой поковки квадратного сечения, если номинальный припуск на размер составляет 14 мм, а предельные отклонения равны ± 4 мм. Ответ: 10 мм.

17. Раскатное кольцо изготавливают на молоте из горячекатаной стали. Размеры обработанного раскатного кольца следующие: наружный диаметр 350 мм, высота 120 мм. Пользуясь ГОСТом, найти с учетом припусков и предельных отклонений поковочные размеры раскатного кольца. Ответ: $D = 498 \pm 6$ мм; $d = 327 \pm 6$ мм; $H = 134 \pm 5$ мм.

18. Определить массу поковки вала с уступами, показанной на рис. 8. Материал – сталь 20. Ответ: 268.2 кг.

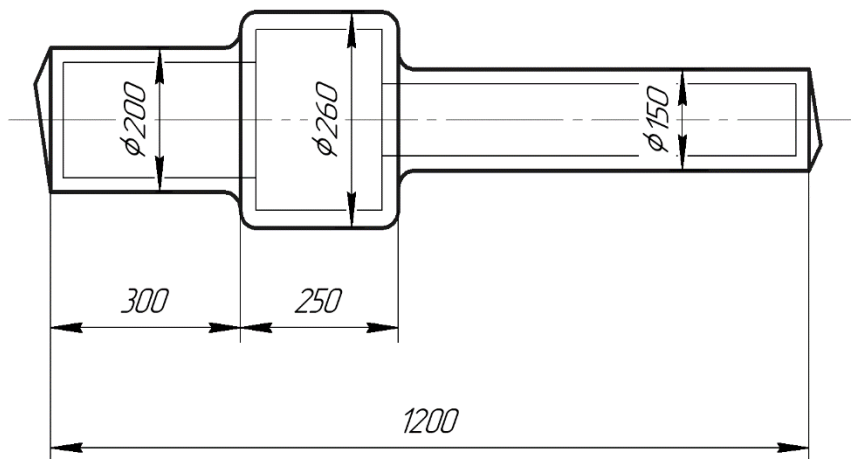


Рис. 8. Поковка вала с уступами

19. Найти массу стальной поковки ступенчатого вала, представленной на рис. 9.

20. Для получения цилиндрического гладкого вала диаметром 180 мм предусмотрен припуск 12 мм на обработку резанием поковки вала с учетом ее изготовления на молоте, а предельные отклонения ± 3 мм. Определить нижний предельный диаметр поковки вала, при котором ее считают годной. Ответ: 189 мм.

21. При изготовлении на прессе стального гладкого вала диаметром 200 мм и длиной 2000 мм в соответствии с ГОСТом на об-

работку по диаметру принимают припуск, равный 18 мм. Во сколько раз увеличится припуск, если диаметр вала будет в 3 раза больше? Группа точности ковки нормальная. Ответ: 1.6 раза.

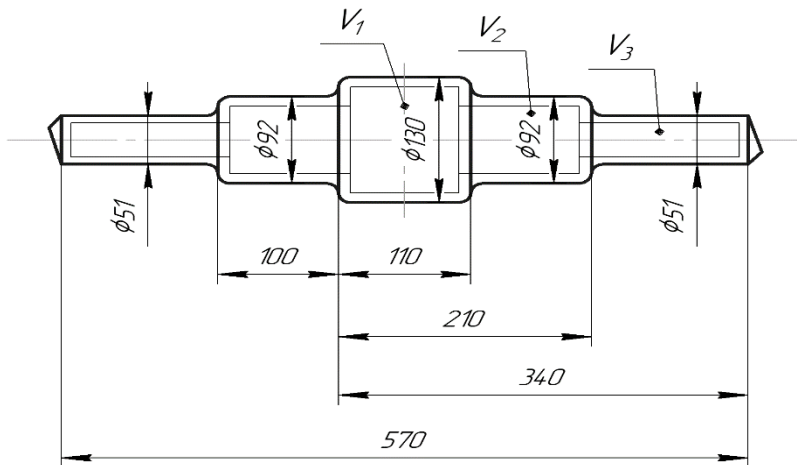


Рис. 9. Поковка ступенчатого вала

22. Найти массу поковки шестерни с отверстием, представленной на рис. 10. Материал поковки – низкоуглеродистая сталь. Ответ: 196,3 кг.

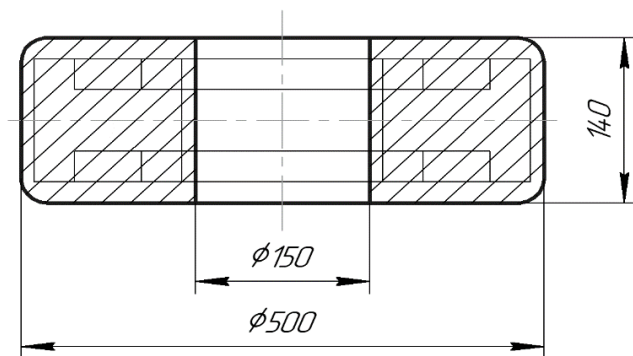


Рис. 10. Поковка шестерни с прошитым отверстием

23. Составить чертеж поковки для детали с отверстием на рис. 11. Размеры $D = 400$ мм, $H = 175$ мм, $d = 150$ мм.

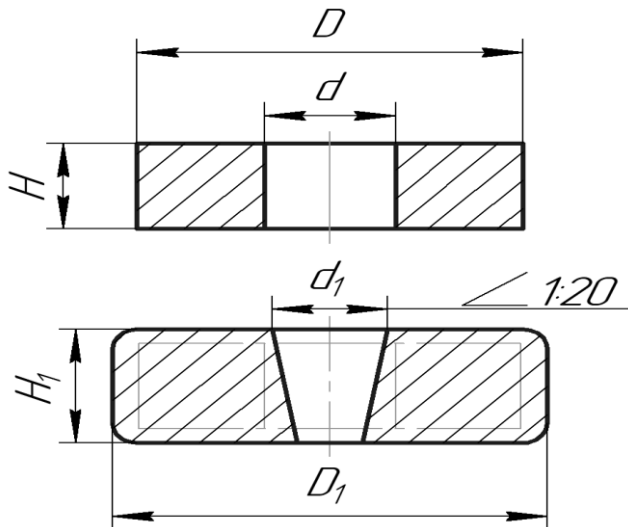


Рис. 11. Чертеж изделия с отверстием и поковки этого изделия

Решение. Поковка относится к типу 13 – диски с отверстиями. По вычерченному тонкими линиями контуру детали подбираем припуски на обработку и допуски на изготовление [15], так как заданная деталь по форме и соотношению размеров соответствует условию $H \leq 0,5D$ и $d \leq 0,5D$.

Для поковки на рис. 11 припуски и допуски будут соответственно:

- на диаметр $D = 400$ мм припуск и допуск 17 ± 6 ;
- на высоту $H = 175$ мм припуск и допуск 15 ± 5 ;
- на диаметр отверстия $d = 150$ мм припуск и допуск 23 ± 6 .

Номинальные размеры поковки будут следующие в мм:

- наружный диаметр $D_1 = 417 \pm 6$;
- высота поковки $H_1 = 190 \pm 5$;
- диаметр отверстия $d_1 = 127 \pm 6$.

С уклоном 1:20 сверх припуска в отверстии (основание в примечании к табл.7 ГОСТ 7829-89 [15].

На основании полученных результатов выполняем жирными линиями чертеж поковки изделия и проставляем полученные размеры на чертеже (рис. 11).

24. Рассчитать заготовку для поковки, представленной на рис. 11,б, изготовленной из стали 45. Размеры в см.: $D_1 = 42$ см, $H_1 = 19$ см, $d_1 = 12,4$ см.

Решение. Объем поковки

$$V_{\text{п}} = V_{\text{ц}} - V_{\text{у.к}},$$

где $V_{\text{ц}}$ – объем цилиндра; $V_{\text{у.к}}$ – объем отверстия в виде усеченного конуса.

Тогда

$$V_{\text{п}} = \pi \frac{D_1^2}{4} H_1 - 0,262 H_1 (d^2 + dd_1 + d_1^2),$$

где d – меньший диаметр отверстия. Так как уклон отверстия 1:20, то

$$d = d_1 - 2 \frac{H_1}{20} = 12,4 - 1,9 = 10,5 \text{ мм} = 10,5 \text{ см.}$$

Окончательно получаем объем поковки

$$V_{\text{п}} = \pi \frac{42^2}{4} 19 - 0,262 \times 19 (10,5^2 + 0,5 \cdot 12,4 + 12,4^2) = 24337 \text{ см}^3.$$

Масса поковки

$$M_{\text{п}} = V_{\text{п}} \rho = 24337 \times 7,75 = 191000 \text{ г} = 191 \text{ кг.}$$

Так как масса поковки относительно небольшая, то ее можно изготовить из сортового проката осадкой на плоских плитах. Потери металла в виде выдры при пробивке отверстия составят

$$V_{\text{выд}} = \pi \frac{d_1^2 H_1}{4 \cdot 3} = 760 \text{ см}^3.$$

Поковку можно изготовить с одного нагрева. Объем металла, теряемого на угар, составит

$$V_{\text{уг}} = \frac{(V_{\text{п}} + V_{\text{выд}}) \times 0,02}{1 - 0,02} = 513 \text{ см}^3.$$

Объем заготовки

$$V_3 = V_{\text{п}} + V_{\text{уг}} + V_{\text{в}} = 25610 \text{ см}^3.$$

Выберем сечение заготовки 240x240 мм. Тогда длина исходной заготовки

$$L_3 = \frac{V_3}{F_3} = 445 \text{ мм}.$$

Отношение длины заготовки к ее высоте не превышает значение 2,5:

$$\frac{L_3}{240} = 1,85.$$

25. При расчете круглой заготовки получили диаметр 82,5 мм и длину 180 мм. Подобрать по ГОСТу ближайший больший диаметр проката и пересчитать длину заготовки. Ответ: $D = 85$ мм; $L = 170$ мм.

24. Для изготовления поковки требуется заготовка со стороной квадрата 33,4 мм и длиной 70 мм. Подобрать по ГОСТу ближайший больший размер квадрата заготовки и пересчитать длину заготовки. Ответ: $A = 34$ мм; $h = 67,6$ мм.

1.2. Технологические режимыковки

1.2.1. Теоретические сведения

Относительные деформации по трем направлениям при осадке

$$\varepsilon_{0H} = \frac{H_0 - H_k}{H_0}; \quad \varepsilon_{0L} = \frac{L_k - L_0}{L_k}; \quad \varepsilon_{0B} = \frac{B_k - B_0}{B_k},$$

где H_0, L_0, B_0 – соответственно исходные высота, длина и ширина заготовки;

H_k, L_k, B_k – соответственно конечные высота, длина и ширина заготовки после очередной операции или в концековки.

Коэффициенты деформаций:

по высоте $K_H = H_0 / H_k$;

по длине $K_L = L_k / L_0$;

по ширине $K_B = B_k / B_0$.

Коэффициент K_L , называемый коэффициентом уковки, используют при расчете операции протяжки, а коэффициенты K_H и K_B – осадки и разгонки.

K_H и K_B – осадки и разгонки.

Степень деформации при осадке (степень осадки) на плоских бойках (рис. 12).

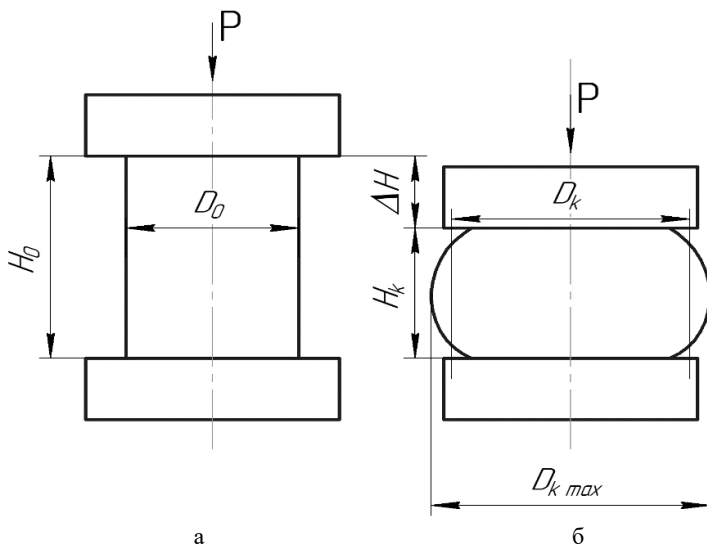


Рис. 12. Схемы осадки на плоских бойках:
а – до осадки; б – после осадки

$$\varepsilon_{0H} = \frac{H_0 - H_k}{H_0} = \frac{\Delta H}{H_0}.$$

Коэффициент деформации при осадке (или величина осадки)

$$K_H = H_0 / H_k = F_k / F_0,$$

где F_0 – площадь поперечного сечения заготовки до осадки;

F_k – средняя площадь поперечного сечения заготовки после осадки без учёта бочкообразования.

Расчет высоты H_k и диаметра D_k заготовки при осадке без учета бочкообразования проводят по формулам:

$$\frac{\pi D_0^2}{4} H_0 = \frac{\pi D_k^2}{4} H_k; \quad \frac{D_k^2}{D_0^2} = \frac{H_0}{H_k};$$

$$H_k = H_0 \frac{D_0^2}{D_k^2}; \quad D_k = D_0 \sqrt{\frac{H_0}{H_k}},$$

где D_0 и D_k – диаметр заготовки соответственно до и после осадки; $\frac{H_0}{D_0} = 1.6 \div 2.5$ при $\frac{H_0}{D_0} > 2.5$ возможен профильный изгиб заготовки.

Скоростью деформации $\dot{\varepsilon}$ [14] называют производную относительной деформации ε или логарифмической деформации e по времени τ , т.е.

$$\dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{d\tau}; \quad \dot{e} = \frac{de}{d\tau}.$$

Размерность скорости деформации s^{-1} . От скорости деформации следует отличать скорость деформирования. Скорость деформирования – скорость движения рабочего органа машины $\vartheta_{\text{деф}}$ (ползуна прессы, бойка молота и т.д.):

$$\vartheta_{\text{деф}} = \frac{dl}{d\tau},$$

где dl – величина перемещения деформирующего инструмента за время $d\tau$. Размерность скорости деформирования м/с. Для определения средней скорости деформации по объему очага пластической деформации используются выражения:

$$\dot{\varepsilon}_{\text{ср}} = \frac{|\varepsilon_{\text{max}}|}{\tau}; \quad \dot{e}_{\text{ср}} = \frac{|e_{\text{max}}|}{\tau},$$

где ε_{max} и e_{max} – относительная и логарифмическая деформации максимальные по абсолютной величине в одном из главных направлений; τ – и время, в течение которого происходит процесс деформирования.

При осадке заготовки с начальной высотой H_0 до конечной высоты H со скоростью движения инструмента (бойка) $\vartheta_{\text{деф}}$ средняя скорость деформации:

$$\dot{\varepsilon}_{\text{ср}} = \frac{\varepsilon_H}{\tau} = \frac{(H_0 - H)/H_0}{\tau} = \frac{\vartheta_{\text{деф}}}{H_0}.$$

Уменьшение высоты заготовки при протяжке на плоских бойках за каждое n -е нажатие (рис. 13):

$$\Delta H = H_{n-1} - H_n.$$

Относительное обжатие при протяжке (степень деформации по высоте заготовки) за каждое n -е нажатие:

$$\varepsilon_H = \frac{H_{n-1} - H_n}{H_{n-1}} = \frac{\Delta H}{H_{n-1}},$$

где H_{n-1} и H_n – высота заготовки соответственно до и после нажатия.

Относительное уширение при протяжке (степень деформации по ширине заготовки) за каждое n -е нажатие

$$\varepsilon_B = \frac{B_n - B_{n-1}}{B_{n-1}} = \frac{\Delta B}{B_{n-1}},$$

где B_n и B_{n-1} ширина заготовки соответственно после и до нажатия.

Относительное удлинение при протяжке (степень деформации по длине заготовки) за каждое n -е нажатие

$$\varepsilon_L = \frac{L_n - L_{n-1}}{L_{n-1}} = \frac{\Delta L}{L_{n-1}},$$

где L_n и L_{n-1} – ширина заготовки соответственно после и до нажатия.

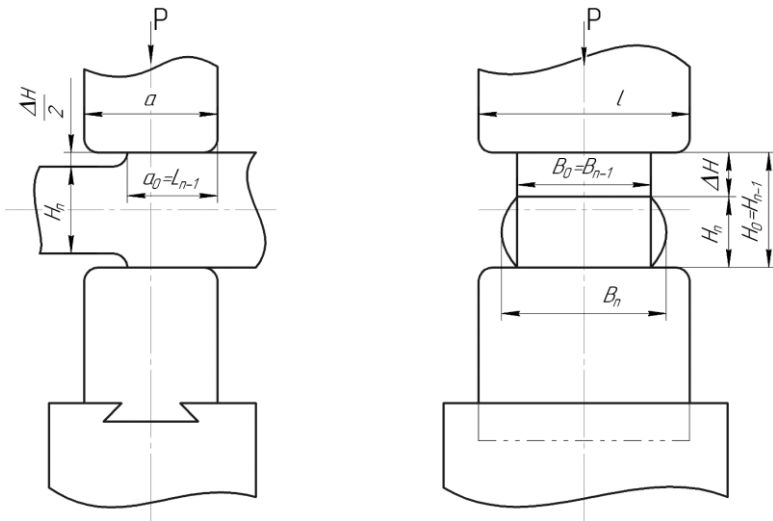


Рис. 13. Схема протяжки на плоских бойках

Коэффициент интенсивности уширения при протяжке

$$f = \frac{B_k - B_0}{B_0} \cdot \frac{H_0 - H_k}{H_k} \leq 1.$$

При $f = 0$ уширение отсутствует и обжатия вызывают только удлинение заготовки, что интенсифицирует протяжку. При $f = 1$, наоборот, обжатия приводят только к уширению заготовки.

Коэффициент интенсивности удлинения при протяжке

$$q = \frac{L_k - a_0}{a_0} : \frac{H_0 - H_k}{H_k},$$

где a_0 – величина подачи заготовки при протяжке, $a_0 = (0,6 \div 0,8) \alpha$, здесь α – ширина бойка.

Зависимость между коэффициентами интенсивности уширения f и интенсивности удлинения q :

$$q = 1 - fK_L.$$

Уковка для расчета операций протяжки

$$Y = K_L = \frac{L_k}{L_0} = \frac{F_0}{F_k} = \frac{1}{1 - \varepsilon_{0H}(1 - f)}.$$

За несколько проходов уковка численно равна произведению уровок за каждый проход:

$$Y = Y_1 Y_2 \dots Y_n$$

Коэффициент перехода при протяжке

$$\varphi \leq 2 \div 2,5.$$

Для построения технологического цикла протяжки необходимо назначить степень уковки – параметр, определяющий уровень механических свойств. Наиболее оптимальный диапазон $Y \leq 2 \div 4$.

Первый обжим.

1. Для исходной заготовки с размерами $V_0 = H_0$ и l_0 , принимают величину относительной подачи $\Psi = l_0/V_0$, (рис. 14). Тогда

$$l_0 = \Psi \cdot V_0.$$

2. Производят выбор относительной деформации по высоте ε_{0H}
3. Рассчитывают высоту заготовки после обжатия

$$H_k = (1 - \varepsilon_{0H}) \cdot H_0.$$

4. По табл. 2 находят коэффициент интенсивного уширения f .
5. Рассчитывают величину коэффициента уковки:

$$Y_1 = \frac{1}{1 - \varepsilon_{0H}(1 - f)}.$$

Таблица 2. **Числовые значения коэффициента f по В.Г. Березкину**

Ψ H_0/B_0	0,5	0,7	1,0	1,6	2,0	3,0
1	0,19	0,27	0,37	0,54	0,58	0,7
2	0,22	0,26	0,31	0,41	0,47	0,58

6. Определяют площадь поперечного сечения после первого обжима:

$$F_k = F_0/Y_1.$$

7. Находят среднюю ширину заготовки:

$$B_k = F_k/H_k.$$

8. Рассчитывают коэффициент перехода:

$$\varphi = B_k/H_k \leq 2,5.$$

9. Длина заготовки после первого перехода

$$L_1 = L_0 \cdot Y_1.$$

10. Рассчитывают число ударов (нажимов) на каждом переходе при протяжке на молоте или ковочном прессе

$$n_1 = L_0/\ell_0.$$

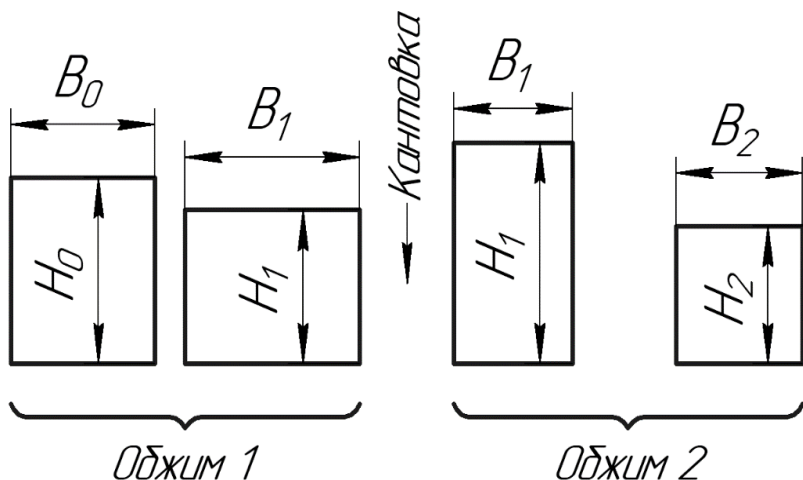


Рис. 14. Первый переход

Второй обжим.

На этом обжиме ширина B_1 , полученная на первом обжиме, является высотой H_1 , а высота H_1 – шириной B_1 .

При первоначальной протяжке слитков (билетировке) дают небольшие обжатия 20-60 мм во избежание образования трещин. При последующих обжатиях слитков степень деформации должна быть больше (15÷20) % высоты заготовки, это необходимо для более равномерной деформации по сечению и получения мелкого и однородного зерна в поковке.

Относительные подачи следует принимать в пределах $0,5 < \Psi < 1$. Границы подач следует смещать после каждого прохода. Коэффициент перехода не должен превышать $\phi < 2 \div 2,5$.

Уковка для случая протяжки поковок типа гладких труб на оправке (рис. 15)

$$\gamma = \frac{F_0}{F_k} = \frac{D_0^2 - d_0^2}{D_k^2 - d_k^2} = \frac{L_k}{L_0},$$

где D_0 и d_0 – исходные диаметры заготовки (внешний и внутренний); D_k и d_k – конечные диаметры поковки (внешний и внутренний); L_k – конечная длина готовой поковки; L_0 – исходная длина заготовки.

Уковка при раскатке поковок типа колец на оправке (рис. 15)

$$y = \frac{F_0}{F_k} = \frac{H_0 L_0}{H_k L_k},$$

где H_0 и H_k – соответственно исходная и конечная толщина стенки заготовки.

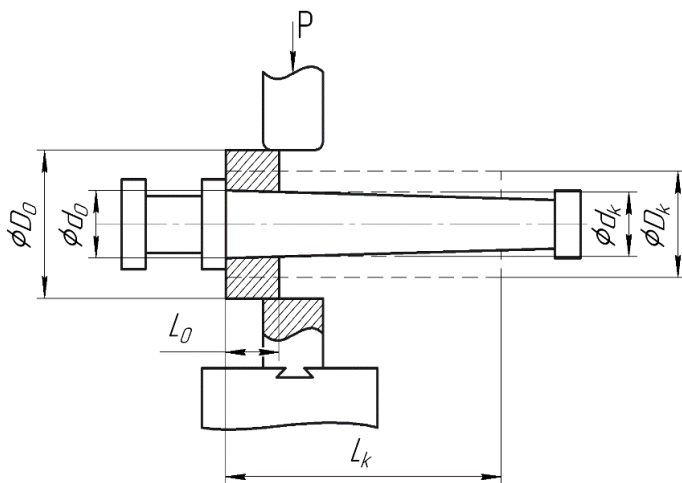


Рис. 15. Схема протяжки с оправкой

Уковка при раскатке поковок типа колец на оправке (рис. 16)

$$y = \frac{F_0}{F_k} = \frac{H_0 L_0}{H_k L_k},$$

где H_0 и H_k – соответственно исходная и конечная толщина стенки заготовки.

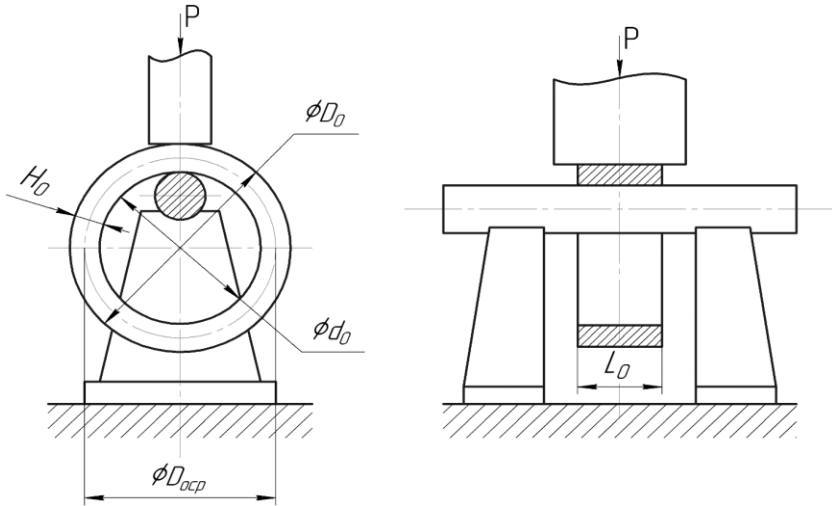


Рис. 16. Схема раскатки колец на цилиндрической оправке

Относительное обжатие при полной раскатке

$$\varepsilon_H = \frac{H_0 - H_k}{H_0}.$$

Приближенный расчет размеров исходной заготовки при раскатке выполняют, используя коэффициент уширения f , равный 0,15, в формуле для расчета коэффициента уковки:

$$y = \frac{1}{1 - \varepsilon(1 - f)}.$$

Задавая относительную степень деформации по толщине ε , определяют толщину исходной заготовки:

$$H_0 = \frac{H_K}{1 - \varepsilon}.$$

Затем находят величину суммарного коэффициента уковки K , площадь продольного сечения $F_0 = K \cdot F_K$ и ширину $L_0 = F_0/H_0$ заго-

товки, средний диаметр $D_{0cp} = D_{Kcp}/K$, наружный и внутренний диаметры:

$$D_0 = D_{0cp} + H_0, \quad d_0 = D_{0cp} - H_0.$$

Другой способ расчета размеров заготовки при раскатке основан на использовании эмпирической диаграммы уширения $f = B_{зар}/B_1$, показанный на рис. 17.

Вначале находят отношения $D_{BH}/d_{пр}$ и B_1/D_H и по ним по диаграмме коэффициент уширения f . Далее находят высоту осажденной заготовки под раскатку $B_{зар} = f \cdot B_1$.

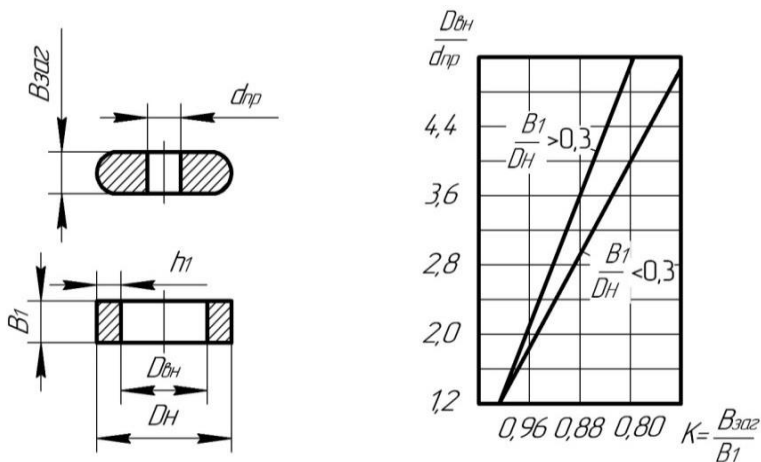


Рис. 17. Диаграмма для определения высоты заготовки перед раскаткой на молотах (по данным УЗТМ)

При прошивке отверстий в заготовке 1 прошивнем 2 диаметром d (рис. 18) средний D_{cp} и максимальный D_{max} диаметры поковки определяют по формулам:

$$D_{cp} = 1,13 \sqrt{\frac{1}{H_k} [V + f(H_k - h)]},$$

где $f = \frac{\pi d^2}{4}$; $V = \frac{\pi D_0^2}{4} H_0$;

$$D_{\max} = 1,13 \sqrt{\frac{1,5}{H_k} [V + f(H_k - h)] - 0,5F_0},$$

где $F_0 = \frac{\pi D_0^2}{4}$.

При открытой прошивке рекомендуемое отношение диаметров прошивня к наружному диаметру исходной заготовки

$$\frac{d}{D_0} = 0,3 - 0,6.$$

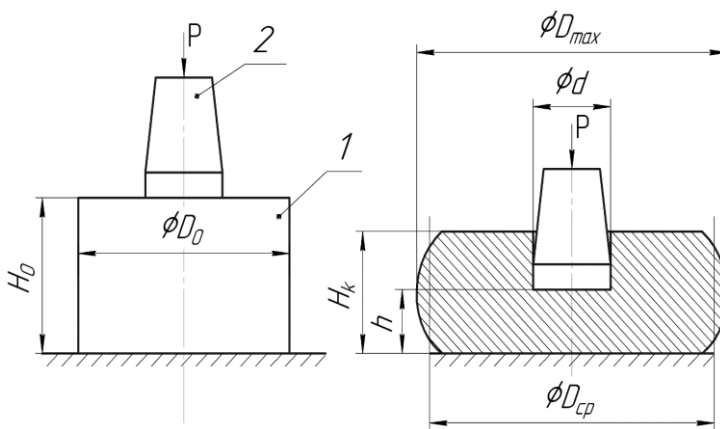


Рис. 18. Схема прошивки

Тепловой эффект при осадке определяют по формуле:

$$\Delta T_{\varepsilon} = \eta_{\text{ВЫХ}} \frac{P_{\text{уд}} \cdot e_{\text{max}}}{\bar{c}},$$

где e_{max} – максимальная логарифмическая деформация при осадке, взятая по абсолютной величине;

\bar{c} – удельная теплоемкость.

Удельное давление при осадке определяют по формуле Э. Зибеля:

$$P_{уд} = \sigma_s \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{D}{h} \right),$$

где D и h – диаметр и высота осаженной заготовки; μ – коэффициент трения; σ_s – предел текучести материала при заданной температуре.

1.2.2. Задачи и упражнения

1. Круглую заготовку высотой 900 мм подвергают осадке до высоты 700 мм. Определить относительную степень деформации и величину коэффициента деформации при осадке. Ответ: относительная степень деформации 0,22; величина коэффициента деформации 1,29.

2. Определить конечную высоту заготовки после осадки без учета ее бочкообразности, если диаметр исходной заготовки 160 мм, а конечный – 192 мм. Высота заготовки до осадки 300 мм. Ответ: конечная высота заготовки 208 мм.

3. Заготовку прямоугольного сечения высотой 200 мм подвергли обжатию гидравлическим прессом, после чего высота ее уменьшилась до 170 мм. Определить относительное обжатие заготовки. Ответ: относительное обжатие 0,15.

4. Прямоугольная заготовка сечением 200 x 200 мм перекована на сечение 100 x 100 мм. Найти величину уковки металла. Ответ: величина уковки $U = 4$.

5. Круглую заготовку длиной 800 мм с прошитым отверстием протягивали на оправке до длины 1400 мм. Определить уковку металла. Ответ: $U = 1,75$.

6. При раскатке поковки с прошитым отверстием на оправке площадь поперечного сечения ее уменьшилась с 2250 до 1250 см². Определить уковку металла. Ответ: $U = 1,8$.

7. После протяжки прессом блюма поперечным сечением 200 x 200 мм ширина его стала 240 мм, а высота 160 мм. Определить коэффициент перехода ковки. Ответ: 1,5.

8. Поковку диаметром 300 мм и высотой 200 мм прошивают прошивнем диаметром 100 мм. Конечная высота поковки после прошивки равна 150 мм, а толщина перемычки 50 мм. Определить средний и максимальный диаметры поковки после прошивки. Ответ: $D_{\text{ср}} = 357$ мм, $D_{\text{max}} = 382$ мм.

9. Найти наибольший размер глубины выемки осадочной плиты, если диаметр осаженой заготовки 600 мм. Ответ: 63 мм.

10. Определить коэффициент интенсивности уширения заготовки, если до и после протяжки ширина ее соответственно равна 200 и 250 мм, а высота – 180 и 120 мм. Ответ: 0,5.

11. Провести расчет процесса протяжки квадратной заготовки размерами $B_0 = H_0 = 200$ мм и $L_0 = 400$ мм на квадратное сечение 140 x 140 мм.

Решение. На первом проходе принимаем относительную подачу $\Psi = \ell_0/B_0 = 0,5$. Тогда $\ell_0 = \Psi \cdot B_0 = 0,5 \cdot 200 = 100$ мм.

Примем относительную деформацию по высоте $\varepsilon_{0H} = 0,4$. Высота заготовки после обжатия $H_K = (1 - \varepsilon_{0H}) \cdot H_0 = (1 - 0,4) \cdot 200 = 120$ мм. По табл. 2 для $\Psi = 0,5$ и $H_0/B_0 = 1$ имеем $f_1 = 0,19$. Тогда

$$y_1 = \frac{1}{1 - \varepsilon_{0H}(1 - f_1)} = \frac{1}{1 - 0,4(1 - 0,19)} = 1,48.$$

Площадь поперечного сечения заготовки после 1-го обжима

$$F_K = \frac{F_0}{y_1} = \frac{200 \cdot 200}{1,48} = 27000 \text{ мм}^2.$$

Ширина заготовки после 1-го обжима

$$B_K = \frac{F_K}{H_K} = \frac{27000}{120} = 226 \text{ мм}.$$

Коэффициент перехода

$$\varphi_1 = \frac{B_K}{H_K} = \frac{226}{120} = 1,88 < 2,5.$$

Длина заготовки после первого обжима

$$L_K = L_0 \cdot Y_1 = 400 \cdot 1,48 = 590 \text{ мм.}$$

Число ударов (нажимов)

$$n_1 = \frac{L_0}{\ell_0} = \frac{400}{100} = 4.$$

На втором проходе ширина B_K , полученная на первом проходе является высотой H_0 , а высота H_K шириной B_0 . Принимаем величину подачи $\Psi = 1,0$. Тогда $\ell_0 = \Psi \cdot B = 1 \cdot 120 = 120$ мм. Обжим пробуем вести на конечный размер $H_K = 140$ мм. Тогда

$$\varepsilon_{0H} = \frac{H_0 - H_K}{H_0} = \frac{226 - 140}{226} = 0,38.$$

По табл. 2 $H_0/B_0 = 2$, $\Psi = 1$, $f_2 = 0,31$. Тогда коэффициент уковки во втором проходе

$$Y_2 = \frac{1}{1 - \varepsilon_{0H}(1 - f_2)} = \frac{1}{1 - 0,38(1 - 0,31)} = 1,36.$$

Площадь поперечного сечения заготовки после второго обжима

$$F_2 = \frac{F_1}{Y_2} = \frac{27000}{1,36} = 19800 \text{ мм}^2.$$

Ширина заготовки после 2-го обжима в пределах допуска соответствует требуемой

$$B_2 = \frac{F_2}{H_2} = \frac{19800}{140} = 141 \text{ мм.}$$

Длина заготовки после второго обжима

$$L_2 = L_1 \cdot K_2 = 590 \cdot 1,36 = 800 \text{ мм.}$$

Число ударов (нажимов) на 2-ом обжиме

$$n_2 = \frac{L_2}{\ell_0} = \frac{590}{120} = 5.$$

12. Рассчитать параметры ковки при протяжке заготовки квадратного поперечного сечения 120 x 120 мм и длиной 600 мм на квадрат меньшего поперечного сечения 68 x 68 мм.

13. Предложить логические схемы технологических переходов при ковке поковки: а – скоба, б – топор, в – рабочий валок прокатного стана, г – якорь.

Решение. Ковку поковки скобы проводят в следующей технологической последовательности (рис. 19): берут горячо нагретую заготовку квадратного поперечного сечения (рис. 19,а), оттягивают один из торцов заготовки на клин плоскими бойками и производят фасонную отрубку торца полукруглым топором (рис. 20,б), оформляют «ухо» с помощью фасонных накладок (рис. 19,в) и подкладного штампа (рис. 19,г), аналогично отковывают второе «ухо» (рис. 19,д,е,ж) и протягивают среднюю часть заготовки на прямоугольник, увеличивая ее длину (рис. 20,з). После повторного нагрева в печи изгибают заготовку с помощью подкладного штампа и оправки (рис. 19,и), после третьего нагрева производят окончательную гибку скобы с помощью фасонной оправки, закладываемой внутрь скобы и клиновых накладок для формообразования «ушей» скобы (рис. 19,к), окончательно оформляют геометрию скобы с помощью подкладного штампа с проверкой по шаблонам (рис. 19,л). В результате получают поковку требуемого качества.

14. Определить число ходов ползуна прессы при минимальной подаче металла под бойки, если ширина бойков 230 мм. Исходная длина заготовки 1380 мм, протягивают ее с кантовкой. Ответ: 20 ходов.

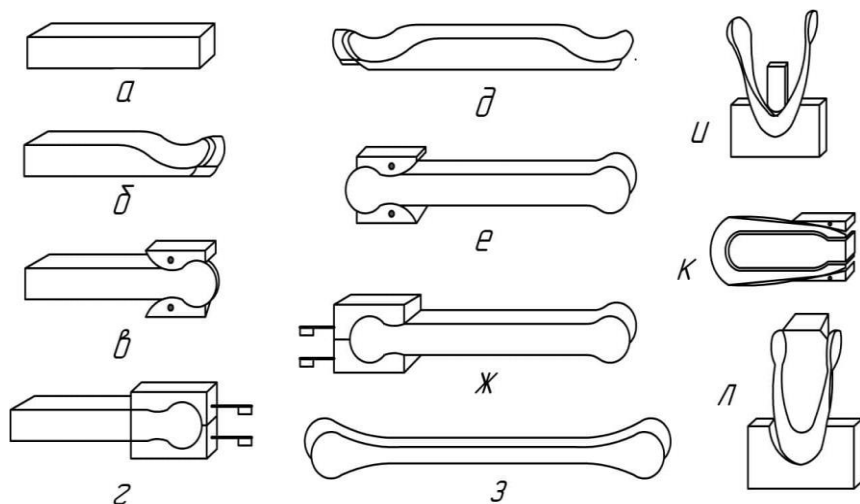


Рис. 19. Технологическая схемаковки скобы

15. Определить среднюю скорость осадки цилиндрической заготовки с высоты 100 мм до высоты 50 мм со скоростью деформирования 4 м/с в условиях линейной схемы сжатия.

16. Определить среднюю скорость деформации осадки заготовки на молоте, если высота до и после осадки $h_0 = 300$ мм, $h_k = 120$ мм, продолжительность удара $\tau = 0,003$ с.

17. Определить среднюю скорость деформации и скорости деформации в начальный и конечный моменты осадки заготовки на молоте, если высота до и после осадки $h_0 = 200$ мм, $h_k = 120$ мм, продолжительность удара $\tau = 0,005$ с.

Ответ: $\dot{\epsilon}_{\text{ср}} = 102\text{с}^{-1}$, $\dot{\epsilon}_{\text{нач}} = 80\text{с}^{-1}$, $\dot{\epsilon}_{\text{кон}} = 133,33\text{с}^{-1}$.

18. Описать и нарисовать эскизы последовательности технологических операцийковки поковок на качественном уровне, начиная с выбора исходной заготовки, их нагрева, применяемого оборудования, инструмента: а – вал одноколенчатый (рис. 20,а); б – рычаг, (рис. 20,б); кривошип (рис. 20,в); фасонная планка (рис. 20,г); цилиндр с отверстием (рис. 20,д); толстостенный фланец (рис 20,е).

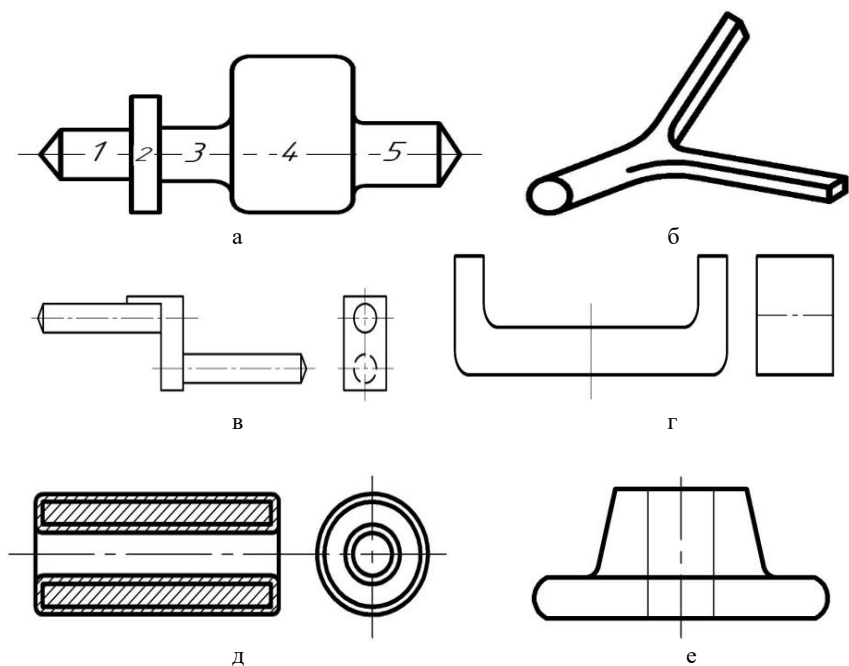


Рис. 20. Поковки

19. Предложить последовательность технологических операций изготовления поковки «трехколенчатый вал», показанной на рис. 21. Три колена вала развернуты по отношению друг другу на угол 120.

Решение. Ковку проводят на молоте с массой падающих частей 3 т. Применяют круглую или квадратную заготовку. После нагрева до ковочной температуры ее протягивают в зоне колен на прямоугольное сечение 210 x 125 мм, соответствующее сечению колец вала. Затем размечают прокованный прямоугольный участок и проводят сначала пережим колен и шеек, а затем передачу колена II с помощью накладок.

Следующей операцией является ковка шеек *a*, *b*, *c* на диаметр 135 мм и обрубка полуфабриката от основной поковки. Далее отковывают цилиндрический фланец, пережимают шейку у фланца и

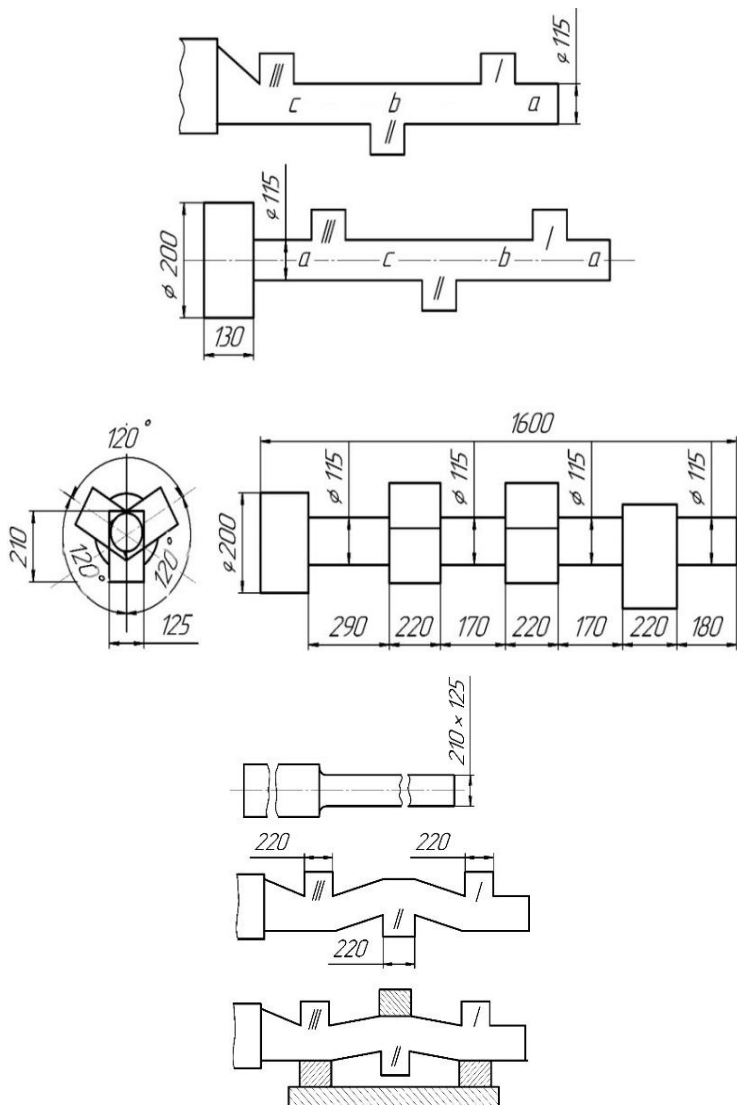


Рис. 21. Последовательность технологических операций при ковке коленчатого вала на молоте

куют шейку d на диаметр 115 мм. Заключительной операцией является скручивание шейки «с» с помощью вилки для поворота колена III и шейки b для поворота колена I . При закручивании колена II зажимают бойками молота, и шейки b и c разворачивают в разные стороны.

20. Цилиндрическая заготовка осаживалась на молоте за четыре удара со степенью деформации за удар: $e_1 = 0,1$; $e_2 = 0,09$; $e_3 = 0,07$; $e_4 = 0,05$. Определить высоту заготовки после каждого удара молота, если начальная высота заготовки $h_0 = 160$ мм.

Решение.

Деформация заготовки при первом ударе молота равна:

$$e_1 = \ln \frac{h_1}{h_0},$$

где h_1 – высота заготовки после первого удара молота.

Так как при осадке происходит уменьшение размера исходной заготовки и движение инструмента происходит против оси, то деформация берется со знаком минус.

Поэтому из условия задачи деформация при первом ударе молота равна $e_1 = -0,10$, тогда

$$-0,10 = \ln \frac{h_1}{h_0},$$

отсюда высота заготовки после первого удара молота равна:

$$h_1 = h_0 \cdot e^{e_1},$$

где e – основание натурального логарифма.

Тогда высота заготовки после первого удара молота равна:

$$h_1 = h_0 \cdot e^{-0,1} = 160 \cdot e^{-0,1} = 144,8 \text{ мм}.$$

Аналогично можно рассчитать высоту заготовки после второго, третьего и четвертого ударов:

$$h_2 = h_1 \cdot e^{-0,09} = 144,8 \cdot e^{-0,09} = 132,3 \text{ мм},$$

$$h_3 = h_2 \cdot e^{-0,07} = 132,3 \cdot e^{-0,07} = 123,4 \text{ мм},$$

$$h_4 = h_3 \cdot e^{-0,05} = 123,4 \cdot e^{-0,05} = 117,4 \text{ мм}.$$

Можно ли определить сразу высоту заготовки после последнего удара?

Для этого определим суммарную деформацию:

$$e_{\Sigma} = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 = (-0,1) + (-0,09) + (-0,07) + (-0,05) = -0,31.$$

Тогда высота заготовки после четвертого удара молота равна:

$$h_4 = h_0 \cdot e^{-0,31} = 160 \cdot e^{-0,31} = 117,4 \text{ мм}.$$

Ответ: $h_1 = 144,8 \text{ мм}; h_2 = 132,3 \text{ мм}; h_3 = 123,4 \text{ мм}; h_4 = 117,4 \text{ мм}.$

21. Цилиндрическая заготовка осаживалась на молоте за четыре удара со степенью деформации за удар: $e_1 = 0,12; e_2 = 0,1; e_3 = 0,08; e_4 = 0,06$. Определить высоту заготовки после каждого удара молота, если первоначальная высота заготовки 260 мм.

22. Определить среднюю скорость осадки цилиндрической заготовки с высоты 120 мм до высоты 70 мм со скоростью деформирования 4,2 м/с в условиях линейной схемы сжатия.

Решение.

Средняя скорость деформации равна:

$$\dot{e}_{\text{ср}} = \frac{|e_{\text{max}}|}{\tau}.$$

Для процесса осадки главное направление деформации – это изменение высоты, поэтому логарифмическая максимальная степень деформации будет равна:

$$e_{\text{max}} = \ln \frac{h_{\text{к}}}{h_0} = \ln \frac{70}{120} = -0,544.$$

Найдем время деформирования:

$$\vartheta_{\text{деф}} = \frac{dh}{d\tau}.$$

Отсюда

$$d\tau = \frac{dh}{\vartheta_{\text{деф}}};$$

$$dh = \Delta h = 120 - 70 = 50 \text{ мм},$$

тогда

$$d\tau = \frac{50}{4,2 \cdot 10^3} = 0,0119 \text{ с}.$$

Таким образом, средняя скорость деформации равна:

$$\dot{\epsilon}_{\text{ср}} = \frac{0,544}{0,0119} = 45,7 \text{ с}^{-1}.$$

Ответ: $\dot{\epsilon}_{\text{ср}} = 45,7 \text{ с}^{-1}$.

23. Высота заготовки до и после осадки на ковочном гидравлическом прессе со скоростью $\vartheta_{\text{деф}} = 30 \text{ мм/с}$, $h_0 = 250 \text{ мм}$, $h_k = 150 \text{ мм}$. Осадка производится за один ход пресса. Определить среднюю скорость деформации.

24. Вычислить скорость деформаций при осадке заготовки на молоте, скорость бойка которого постоянна $\vartheta_{\text{деф}} = 15 \text{ М/с}$, в начале и в конце деформирования заготовки длиной 100 мм, при осадке на 20 мм.

25. Вычислить скорость деформации заготовки высотой 100 мм при осадке на молоте простого действия, если высота подъема бойка 2,5 м. Вычисления отнести к началу процесса деформирования.

26. Определить приращение температуры при осадке цилиндрической заготовки диаметром 100 мм с высоты 200 мм до 60 мм. Температура нагрева заготовки 400°C , $\bar{c} = 870 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,3$, $\sigma_s = 50 \text{ МПа}$, $\eta_{\text{вых}} = 0,90$.

27. Определить температуру после осадки цилиндрической заготовки из стали 50 диаметром 100 мм и высотой 150 мм до высоты 80 мм на молоте со скоростью деформирования 7 м/с. Температура начала плавления стали 50 $T_s = 1495$ °С, плотность $\rho = 7854$ кг/м³, удельная теплоемкость в интервале температур 1200÷1300 °С равна $\bar{c} = 0,675 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, предел текучести $\sigma_{so} = 15$ МПа.

28. Разработать технологическую схему последовательности изготовления крупногабаритной стальной поковки «Раскатное кольцо»

29. Представить эскизы последовательности технологических операцийковки поковки на качественном уровне, показанных на рис. 22.

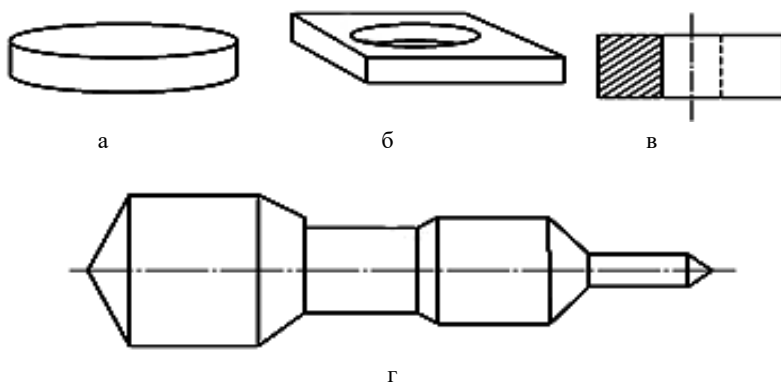


Рис. 22. Примеры типовых поволоков:
а – диск; б – плита с отверстием; в – кольцо; г – вал

31. При протяжке заготовки за один проход получить квадратное сечение $B_{кв} = H_{кв} = 100$ мм из прямоугольной заготовки $B_{пр} = 160$ мм, $H_{пр} = 80$ мм.

Решение. Так как имеется какая-то уковка, то площадь поперечного сечения прямоугольной заготовки должна быть больше

площади поперечного сечения квадратной заготовки. Ввиду уширения меньшая сторона прямоугольника должна быть меньше стороны квадрата. Коэффициент φ должен быть меньше 2,5, например, 2, что исключает поперечный изгиб. Относительная подача ψ не должна быть меньше 0,5, а относительное обжатие не должно быть больше 0,5, что необходимо для получения качественнойковки без зажимов.

Коэффициент уковки равен

$$y = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{кв}}} = \frac{B_{\text{пр}} H_{\text{пр}}}{B_{\text{кв}}^2}.$$

Коэффициент $\varphi = \frac{B_{\text{пр}}}{H_{\text{пр}}}$ или $B_{\text{пр}} = H_{\text{пр}} \varphi$. В данном случае

$$\varepsilon_h = \frac{B_{\text{пр}} - B_{\text{кв}}}{B_{\text{пр}}} \text{ или } \frac{B_{\text{пр}}}{B_{\text{пр}}} = 1 - \varepsilon_h.$$

Тогда

$$\frac{1}{y} = \frac{B_{\text{кв}}^2}{B_{\text{пр}} H_{\text{пр}}} = \frac{B_{\text{кв}}^2 \varphi}{B_{\text{пр}}^2}.$$

Откуда

$$y = \frac{1}{(1 - \varepsilon_h)^2 \varphi}. \quad (3)$$

С другой стороны уковка определяется по уравнению

$$y = \frac{1}{1 - \varepsilon_h(1 - f)} \quad (4)$$

Решая уравнения (3) и (4) относительно f , получим

$$f = \frac{1 - y + y\varepsilon_h}{y\varepsilon_h}.$$

После подстановки размеров сечений имеем^

$$y = \frac{160 \times 80}{100^2} = 1,28;$$

$$\varepsilon_h = \frac{160 - 100}{100} = 0,375;$$

$$f = \frac{1 - 1,28 + 1,28 \times 0,375}{1,28 \times 0,375} = 0,41.$$

Так как $\varphi = 2$, то табл. 2 выбираем при $f = 0,41 \psi = 1,6$. Абсолютная подача будет равна $L = 80 \times 1,6 = 128$ мм.

31. Предложить последовательность технологических операций изготовления стальной поковки «диск турбины» (рис. 23).

Решение. Рассмотрим ковку поковки на гидравлическом прессе. После первого нагрева до температурыковки 1200 °С оттягивают цапфу, проводят билетировку и отрубают донную и прибыльную часть литого слитка. После второго нагрева до ковочной температуры выполняют осадку заготовки до высоты 750 мм, затем открытую прошивку сплошным прошивнем и пробивку отверстия диаметром 250 мм прорезным прошивнем. Далее заготовку снова нагревают и осаживают сначала до высоты 620 мм, а затем после кантовки на 180 – до высоты 500 мм. После четвертого нагрева полотно диска разгоняют до окончательного размера 240 мм узким бойком, используя нижнюю поворотную плиту. После разгонки полотна калибруют отверстие диаметром 250 мм и окончательно отковывают ступицу, осаживая ее до высоты 320 мм.

32. На рис. 24 приведена технологическая схема получения поковки кольца методомковки на цилиндрической оправке. Опишите все последовательные технологические операции и применяемый инструмент.

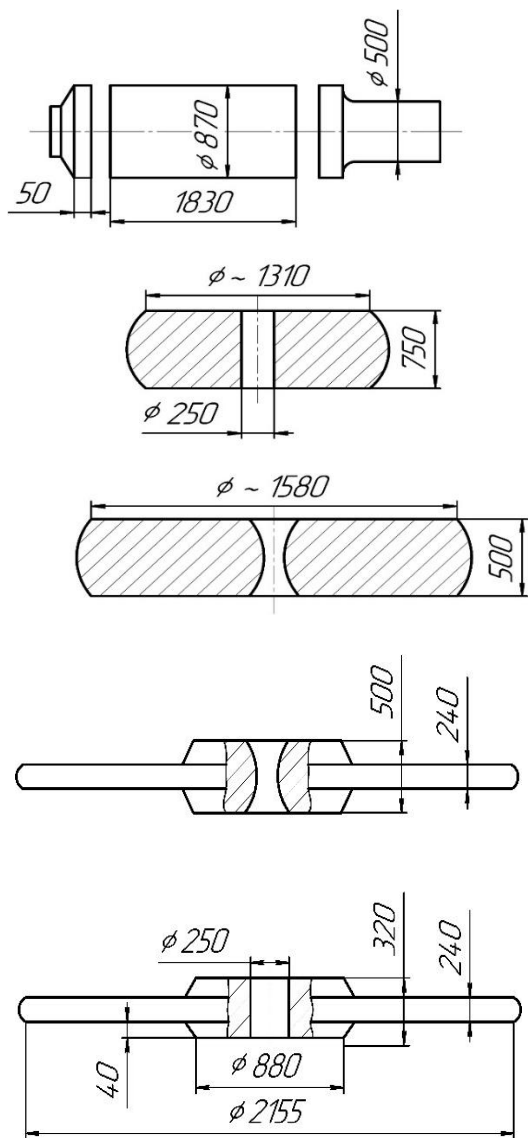


Рис. 23. Последовательность технологических операций при ковке диска турбины на прессе

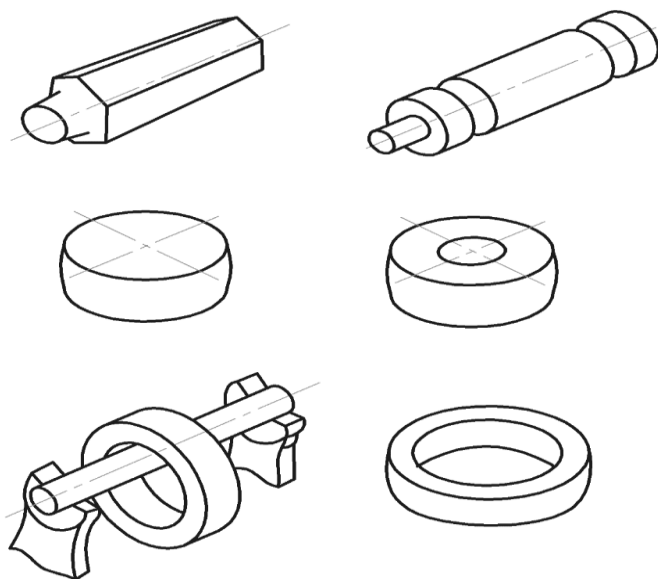


Рис. 24. Последовательность технологических операций при ковке кольца на молоте

33. Предложить технологическую схемуковки поковки фланца на рис. 25 из исходной квадратной заготовкипод молотом.

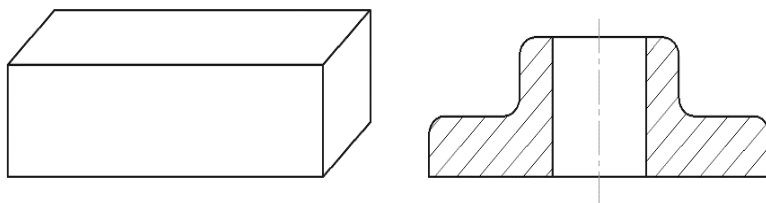


Рис. 25. Поковка фланец

34. Объяснить, почему при ковке не рекомендуется проводить последнюю операцию с малой степенью обжатия и как может такая деформация влиять на величину зерна и свойства металла.

1.3. Выбор оборудования дляковки

1.3.1. Теоретические сведения

Усилие гидравлического ковочного пресса в конце осадки заготовки круглого и квадратного сечений:

$$P = \psi \left(1 + 0,17 \frac{D_K}{H_K} \right) \sigma_B F_K, \quad (5)$$

где ψ – масштабный коэффициент (табл. 3); D_K – средний диаметр заготовки после осадки; H_K – высота заготовки после осадки, мм; σ_B – предел прочности стали при температуре осадки (табл. 4); F_k – площадь поперечного сечения заготовки после осадки; $F_K = \pi D_K^2 / 4$.

Таблица 3. Масштабный коэффициент ψ при осадке слитков разной массы.

Масса слитка, т	0,5	6,0	20	50	100
ψ	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5

Удельное усилие осадки по Э. Зибелю:

$$p = \psi \sigma_T \omega \left(1 + \frac{1}{6} \frac{D_k}{H_k} - \frac{1}{3} \frac{D_k^2}{H_k^2} \right),$$

где σ_T – предел текучести при температурно-скоростных условияхковки;

ω – скоростной коэффициент. При ковке на молоте $\omega = 2-3$, на гидравлическом ковочном прессе $\omega = 1-1,2$.

Усилие деформации в конце процесса осадки

$$P = pF_k.$$

Номинальные усилия гидравлических ковочных прессов в тс: 2; 3,15; 5; 8; 12,5; 20; 31,5.

Масса падающих частей молота, необходимая для осадки заготовки круглого и квадратного сечений:

$$G = 1,5(1 + 0,17 \frac{D_K}{H_K}) \sigma_B \varepsilon_H V_{3AG} \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где ε_H – степень деформации за последний удар молота, $\varepsilon_H = 0,025$ для крупных и $\varepsilon_H = 0,06$ для мелких поковок; V_{3AG} – объем заготовки.

Усилие гидравлического ковочного пресса для протяжки заготовки, кгс (МН):

$$P = \psi \nu (1 + 0,17 \frac{a_0}{H_0}) \sigma_B B_0 a_0,$$

где ν – коэффициент, учитывающий увеличение удельного усилия при изменении формы бойков; для плоских бойков $\nu = 1$, для вырезных $\nu = 1,25$; a_0 – величина подачи; H_0 и B_0 – высота и ширина заготовки до протяжки; при протяжке круглой заготовки в круглых вырезных бойках принимают $H_0 = B_0 = D_0$, где D_0 – диаметр заготовки; σ_B – предел прочности стали при температуре протяжки (см. табл. 4).

Масса падающих частей молота, необходимая для протяжки заготовки, кг.

$$G = 1,5\nu(1 + 0,17 a_0 / H_0) \sigma_B \varepsilon_H H_0 B_0 a_0,$$

где ε_H – степень деформации за один удар принимается выше критической для данной стали, но не более 0,3.

**Таблица 4. Предел прочности при растяжении стали
при ковочных температурах**

σ _в при комнатной температуре, МПа	σ _в МПа, при ковочной температуре, °С					
	800	900	1000	1100	1200	1300
400	66	45	30	22	19	14
600	111	75	54	36	22	20
800	165	111	75	51	36	24
1000	230	159	109	68	50	30

Работа деформации при осадке за последний удар бойка молота:

$$A_{д} = p \varepsilon_{H} V_{3AG} ,$$

где p – среднее удельное усилие в конечный момент:

$$p = \omega(1 + 0,17 D_K / H_K) \sigma_B ,$$

где ω – скоростной коэффициент, учитываемый при осадке под молотом, $\omega = 3$.

Энергия удара молота, соответствующая работе $A_{д}$:

$$Q_{уд} = A_{д} / \eta_{уд} ,$$

где $\eta_{уд}$ – коэффициент полезного действия удара на молоте, обычно $\eta_{уд} \approx 0,8$.

Кинетическая энергия удара молота (кг·мм) находится в следующей зависимости от массы падающих частей G по ГОСТ 9752-75:

$$Q_{уд} = 2,5 \cdot 10^3 G .$$

Отсюда работа деформации при осадке:

$$A_{п} = 2,5 \cdot 10^3 G \eta_{уд} = p \varepsilon_{H} V_{3AG} .$$

Полная работа деформации при осадке:

$$A_{\Pi} = \omega \cdot 10^{-3} \left[\ln \frac{H_0}{H_K} + \frac{1}{9} \left(\frac{D_K}{H_K} - \frac{D_0}{H_0} \right) \right] V_{3\Delta T} \sigma'_B,$$

где σ'_B – предел прочности при растяжении для средней температуры заготовки за весь процесс осадки.

Средняя температура осадки, °C:

$$t = \frac{t_0 + t_K}{2},$$

где t_0 и t_K – соответственно температура начала и конца осадки.

Число ударов бойка молота

$$n = \frac{A_{\Pi}}{\eta_{\text{уд}} Q_{\text{уд}}}.$$

Усилие открытой прошивки (усилие, необходимое для получения отверстия сплошным прошивнем)

$$P = \left(1 + 0,17 \frac{d}{h} + 1,1 \ln \frac{D_0}{d} \right) \sigma_B \frac{\pi d^2}{4},$$

где d – диаметр прошивня, мм; h – толщина доньшка заготовки под прошивнем, мм; D_0 – диаметр прошиваемой заготовки.

Последняя формула рекомендуется для $\frac{D_0}{d} < 5$.

Усилие, необходимое для скручивания цилиндрического участка поковки на любой угол,

$$P = \frac{\pi d^3 \sigma_B}{24l \cos \beta},$$

где d_c – диаметр в месте скручивания, мм; l – длина плеча вилки; β – угол поворота вилки от горизонтальной плоскости, градусы.

Крутящий момент

$$M_k = \sigma_B W',$$

где W' – момент сопротивления поперечного сечения металла.

После определения усилия гидравлического пресса или массы падающих частей молота, подбирают оборудование. Усилие или массу выбирают по таблицам ГОСТов, принимая ближайшее большее значение.

Номинальная масса падающих частей пневматических молотов по ГОСТ 712-75 (энергия удара приведена в скобках): 50 кг (0,8 кДж); 80 кг (1,4 кДж); 160 кг (3,15 кДж); 250 кг (5,6 кДж); 400 кг (10 кДж); 630 кг (16 кДж) и 1000 кг (28 кДж).

Номинальная масса падающих частей ковочных паровоздушных молотов двойного действия составляет по ГОСТ 9752-75 (энергия удара приведена в скобках): 630 кг (1,6 кДж); 1000 кг (25 кДж); 2000 кг (50 кДж); 3150 кг (80 кДж); 5000 кг (125 кДж) и 8000 кг (200 кДж); 10000 кг (250 кДж); 16000 кг (400 кДж); 25000 кг (630 кДж).

Усилие ковочных гидравлических прессов по ГОСТ 7284-88: 200 тс (1,96 МН); 315 тс (3,09 МН); 500 тс (4,9 МН); 800 тс (7,83 МН); 1250 тс (12,2 МН); 2000 тс (19,6 МН); 3150 тс (30,9 МН); 5000 тс (49 МН); 10000 тс (98 МН); 15000 тс (147 МН).

Основные данные по ковочному оборудованию приведены в справочниках и ГОСТах [18, 22].

Ковочные приводные пневматические молоты предназначены для изготовления ковкой поковок малой массы из прокатанных заготовок. Допускают также ковку в подкладных штампах. Масса фасонных поковок, получаемых ковкой, колеблется в пределах 0,3–70 кг, а гладких валов – 7,5–250 кг в зависимости от номинальной массы падающих частей молота.

Ковочные паровоздушные молоты двойного действия предназначены для изготовления поковок средней массы преимущественно из прокатанных заготовок, а также дляковки в подкладных штампах. Масса фасонных поковок, получаемых ковкой, колеблется в пределах 20–1300 кг, а гладких валов – 250–2500 кг в зависимости от номинальной массы падающих частей молота.

Ковочные гидравлические прессы предназначены для изготовления ковкой поковок преимущественно из слитков, а также дляковки в подкладных штампах. Масса слитков, подвергаемых ковке, колеблется в пределах 0,65–98 т в зависимости от номинального усилия прессы. На более мощных прессах, усилием 10000 тс и 15000 тс (98 и 147 МН), можно отковывать поковки максимальной массой до 200 т.

1.3.2. Задачи и упражнения

1. Определить усилие гидравлического ковочного прессы, необходимое для осадки стальной заготовки (σ_b в холодном состоянии равно 600 МПа) с размерами $D = 700$ мм, $H = 1400$ мм, из слитка массой 7 т. Осадку произвести до высоты $H_1 = 500$ мм. Температура окончания осадки равна 1100 °С

Решение. При $t = 1100$ °С предел прочности по табл. 4 $\sigma_b = 36$ МПа. Из табл. 3 масштабный коэффициент $\Psi = 0,7$.

Средний диаметр заготовки после осадки

$$D_k = D \sqrt{\frac{H}{H_1}} = 700 \sqrt{\frac{1400}{500}} = 1180 \text{ мм.}$$

Площадь поперечного сечения заготовки после осадки

$$F_k = \frac{\pi \cdot 1180^2}{4} = 1080000 \text{ мм}^2.$$

Усилие гидравлического ковочного прессы находим по формуле:

$$P = \Psi \left(1 + 0.17 \frac{D_k}{H_k} \right) \sigma_B F_k =$$

$$0.7 \left(1 + 0.17 \frac{1180}{500} \right) \cdot 3,6 \cdot 1080000 = 3800 \text{ тс} \approx 38 \text{ МН}.$$

Для осадки подходит гидравлический ковочный пресс с номинальным усилием 5000 тс (49 МН).

2. Определить массу падающих частей молота и количество ударов для осадки стальной заготовки размерами $D = 110$ мм и $H = 180$ мм (σ_B в холодном состоянии равно 400 МПа). Осадку произвести до высоты $H_k = 90$ мм. Температура начала осадки 1200 °С, температура окончания осадки 900 °С.

Решение. При $t = 1200$ °С $\sigma_B = 20$ МПа, а при $t = 900$ °С $\sigma_B = 45$ МПа.

Средний диаметр после осадки

$$D_k = D \sqrt{\frac{H}{H_k}} = 110 \sqrt{\frac{180}{90}} = 155 \text{ мм}.$$

Объем заготовки

$$V_{\text{зар}} = \frac{\pi \cdot 110^2 \cdot 180}{4} = 1720000 \text{ мм}^3.$$

Величину относительной деформации ε определяют в пределах от 0,025 до 0,06, причем для мелких поковок берут большие величины, а для крупных – меньшие. Принимаем $\varepsilon = 0,06$.

Масса падающих частей молота по формуле (6)

$$G = 1.5 \left(1 + 0.17 \frac{D_k}{H_k} \right) \sigma_{B1} \varepsilon_H V_{\text{зар}} =$$

$$1.5 \cdot 10^{-3} \cdot 4.5 \left(1 + 0.17 \frac{155}{90} \right) 0.06 \cdot 1720000 = 880 \text{ кг};$$

Выбираем молот с массой падающих частей $G = 1000$ кг и с энергией удара $L = 2800$ кгм (25 кДж).

Полную работу деформации определяем при средней температуре осадки:

$$t = \frac{1200 + 900}{2} = 1050^{\circ}\text{C}.$$

При этом $\sigma_B = 3\text{кГ/мм}^2$ (30 МПа), скоростной коэффициент $\omega=3$. Имеем

$$\begin{aligned} A_n &= \omega 10^{-3} \left[\ln \frac{H_0}{H_k} \frac{1}{9} \left(\frac{D_k}{H_k} \frac{D_0}{H_0} \right) \right] V_{\text{зар}} \sigma_B = \\ &= 3 \times 10^{-3} \left[\ln \frac{180}{90} \frac{1}{9} \left(\frac{155}{90} - \frac{110}{180} \right) \right] 1720000 = \\ &= 12650 \text{ кГ} \cdot \text{м} \text{ (124 кДж)}. \end{aligned}$$

Количество ударов молота при осадке определяем по формуле

$$n = \frac{A_n}{n_{\text{уд}} Q_{\text{уд}}} = \frac{12650}{0,8 \cdot 2500} = 6,3.$$

Принимаем 7 ударов.

3. Определить усилие гидравлического ковочного прессы, необходимое для осадки стальной заготовки круглого сечения. Диаметр и высота заготовки до осадки соответственно 550 и 1200 мм. Высота заготовки после осадки составляет 500 мм. Заготовкой является слиток массой 3 т, $\sigma_B = 600$ МПа. Температура окончания осадки 1000°C . Ответ: 29,5 МН, выбираем пресс 32 МН.

4. Найти массу падающих частей молота, необходимую для осадки стальной круглой заготовки размерами $D_0 = 100$ мм и $H_0 = 200$ мм ($\sigma_B = 400$ Мпа при комнатной температуре). Осадку произвести до высоты $H_k = 80$ мм. Температура окончания осадки 900°C . Степень деформации за последний удар молота принять $\varepsilon_H = 0,06$. Ответ: масса падающих частей 850 кг.

5. Рассчитать усилие гидравлического ковочного пресса, необходимое для протяжки стальной заготовки в плоских бойках, если высота и ширина исходной заготовки, соответственно, составляют 500 и 400 мм. Величина подачи металла при протяжке равна 300 мм. Масса металла, находящегося под бойками, при каждом нажиме $\sim 0,5$ т. Протяжку выполняют при температуре 1000 °С. Предел прочности металла 600 МПа. Ответ: усилие гидравлического пресса 570 тс.

6. Определить массу падающих частей молота, необходимую для протяжки стальной круглой заготовки в круглых вырезных бойках. Заготовка диаметром 180 мм. Величина подачи металла при протяжке равна 100 мм. Предел прочности металла $\sigma_B = 800$ МПа, температура протяжки 1100 °С. Степень деформации металла за один удар составляет 0,15. Ответ: масса падающих частей молота 5100 кг.

7. Найти число ударов молота, необходимое для осадки стальной заготовки размерами $D_0 = 100$ мм и $H_0 = 150$ мм [$\sigma_B = 40$ кгс/мм² (392 МПа)]. Осадку выполнить до высоты $H_k = 80$ мм. Температура начала осадки 1100 °С, а окончания 900 °С. Принять степень деформации за последний удар молота $\varepsilon_H = 0,06$. Ответ: 10 ударов.

8. Рассчитать усилие открытой прошивки стальной заготовки при следующих условиях: для холодного материала $\sigma_B = 600$ МПа, температура прошивки 1000 °С, диаметр прошивня 100 мм, толщина доньшка заготовки под прошивнем 80 мм, диаметр прошиваемой заготовки 499,5 мм. Ответ: усилие прошивки 126 тс.

9. Определить усилие, необходимое для скручивания цилиндрического участка стальной поковки, если материал в горячем состоянии имеет $\sigma_B = 400$ МПа. Скручивание выполняют при температуре 1100 °С на угол 30 °С помощью вилки, имеющей плечо длиной 2000 мм. Диаметр скручиваемого участка 60 мм.

10. Выбрать гидравлический ковочный пресс, необходимый для осадки заготовки со степенью деформации 50% из стали 45 с исходными размерами $D_0 = 1000$ мм, $H_0 = 2000$ мм из слитка массой 18 т, при температуре окончания осадки 1000 °С. Ответ: 20 МН.

11. Определить необходимое усилие вытяжки и массу падающих частей молота при первом обжатии квадратной заготовки из титанового сплава ВТ1 с начальной высотой 200 мм до высоты 120 мм и ширины 226 мм с величиной подачи 100 мм, если при температуре в конце обжима 850 °С $\sigma_B = 30$ МПа, КПД удара 0,8. Ответ: усилие вытяжки 1725 кН, масса падающих частей молота 5000 кг.

12. Определить усилие протяжки круглой заготовки в вырезных бойках на гидравлическом прессе и паровоздушном молоте. Заготовка из стали 30ХГСА деформируется с диаметра $d_0 = 250$ мм до диаметра $d = 200$ мм со скоростью деформирования на прессе 0,112 м/с и на молоте со скоростью 8 м/с. Температура заготовок 1120 °С, длина очага деформации $l_0 = 150$ мм, коэффициент трения 0,4.

Указание. Усилие при протяжке круглой заготовки определяется из выражения:

$$P = d_k \cdot l_0 \cdot \sigma_T \left(1 + \frac{2}{3} \mu \frac{l_0}{d_k} \right).$$

13. Определить выражение для полного и удельного деформирующего усилия при протяжке круглой заготовки (рис. 2б) диаметром d в вырезных бойках длиной l_0 , если нормальные напряжения на контактной поверхности изменяются по следующему закону:

$$\sigma_\rho = -\sigma_s \left[1 + \frac{4\mu}{d \cdot l_0} \left(\frac{l_0^2}{4} - z^2 \right) \right],$$

где μ – коэффициент трения.

14. Определить глубину полости при открытой прошивке диска диаметром 500 мм, высотой 100 мм, усилие пресса 30 кН, если диаметр прошиваемого отверстия 100 мм, $\sigma_s = 100$ МПа (рис. 27). Нормальные напряжения на контактной поверхности пуансона подчиняются закону:

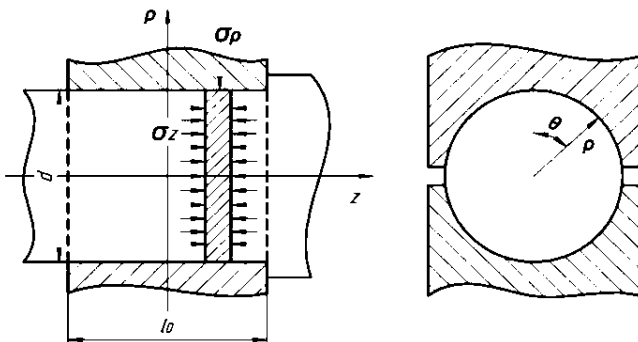


Рис. 26. Схема протяжки заготовки круглого сечения в вырезных бойках

$$\sigma_z = -\sigma_s \left(1 + 1,1 \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{0,5d - \rho}{h} \right).$$

15. Определить выражение для полного и удельного деформирующего усилия при осадке цилиндрической заготовки диаметром d и высотой h под плоскими плитами (рис. 27). Нормальные напряжения на контактной поверхности подчиняются закону:

$$\sigma_z = -\sigma_s \left[1 + \frac{\mu}{h} \left(2 \cdot \frac{\rho^2}{d} - \frac{d}{2} \right) \right].$$

16. Определить выражения для полного и удельного усилия деформирования при протяжке (рис. 28). цилиндрической заготовки диаметром D и толщиной s в вырезных бойках длиной l_0 с

оправкой диаметром d . Нормальные напряжения на контактной поверхности подчиняются закону:

$$\sigma_{\rho} = -1,05 \cdot \sigma_s \left[1 + \frac{2\mu_s}{l_0} \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{D} \right) \left(\frac{l_0^2}{4} - z^2 \right) \right],$$

где μ_s – коэффициент трения по напряжению текучести.

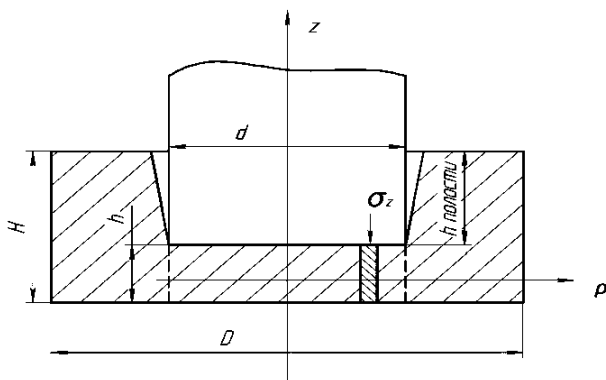


Рис. 27. Схема прошивки диска

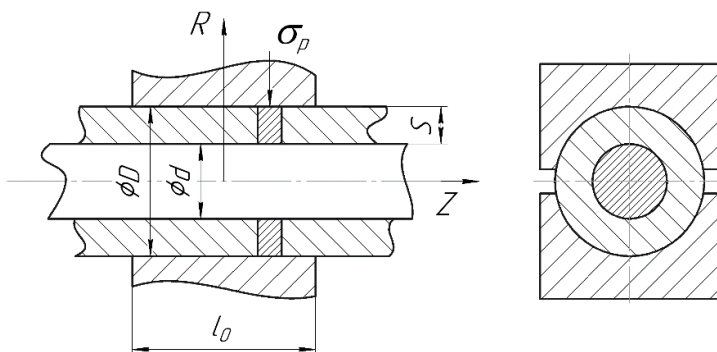


Рис. 28. Схема протяжки цилиндрической заготовки в резных бойках с оправкой

17. Определить наибольшее усилие P при осадке на гидравлическом прессе цилиндрической заготовки диаметром $d_0 = 250$ мм и высотой $h_0 = 250$ мм из малоуглеродистой стали (0,17% С) с обжатием $\Delta h = 100$ мм при 1000 °С. Скорость движения бойка $V = 80$ мм/с.

18. Определить усилие ковочного прессы для осадки заготовки диаметром $0,74$ м и высотой $1,2$ м до высоты $0,6$ м. Температура окончанияковки 1100 °С. Предел прочности стали при комнатной температуре $\sigma_B = 800$ МПа. Ответ: 50 МН.

2. ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

2.1. Разработка чертежа молотовой поковки

2.1.1. Теоретические сведения

Припуски и допуски на штампованные поковки из черных металлов регламентированы ГОСТ 7505-89 [15]. Приблизительно средний припуск (мм) на обработку резанием одной стороны молотовой поковки можно определить по эмпирической формуле:

$$P \approx 0,4 + 0,015 H + 0,0015 L,$$

где H и L – наибольшие высота и длина поковки в плоскости разреза штампа, мм.

Штамповочные уклоны α для облегчения удаления поковок из ручьев штампа установлены ГОСТ 7505-89 [19]. Максимально допустимые уклоны составляют 7° для наружных и 10° для внутренних стенок поковок. Наружные радиусы полных и неполных скруглений поковок или радиусы скругления внешних углов установлены по ГОСТ 7505-89 [19] в пределах 0,8-8 мм в зависимости от массы поковок от наименьшей до 200 кг. В случае штамповки трудно выполнимых ребер и бобышек (рис. 29) максимальные радиусы на вершине определяют по формуле:

$$r = \frac{b}{2 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right)},$$

где b – ширина вершины ребра или бобышки, мм ;
 α – штамповочный уклон, градусы.

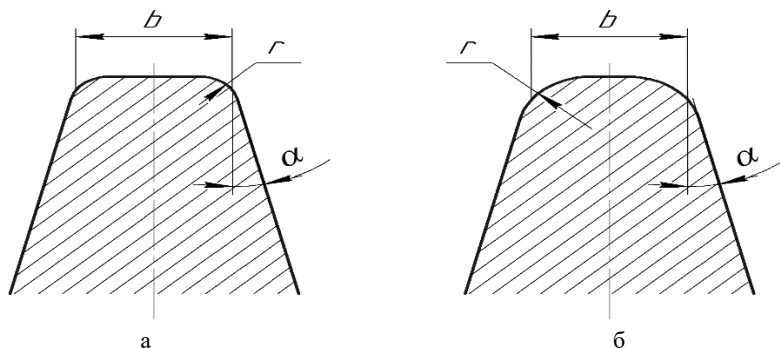


Рис. 29. Скругление вершины ребра или бобышки:
а – неполное; б – полное

Внутренние радиусы скруглений поковок $R = (3 \div 4)r$.

Виды перемычек (наметок) молотовых поковок представлены на рис. 30. Толщину обычной (плоской) перемычки (рис. 30,а) определяют по эмпирической формуле:

$$S = 0,45\sqrt{d_0 - 0,25h_0} - 5 + 0,6\sqrt{h_0},$$

где d_0 – диаметр прошивки, мм; h_0 – глубина прошивки, мм.

Если $h_0 < d_0$ в 2,5 раза и более, то для облегчения раздачи металла в стороны рекомендуют использовать перемычки с раскосом (рис. 30,б), облегчающим течение металла. Тогда

$$S_{\min} = 0,65S, \quad S_{\max} = 1,35S,$$

где S определяют как для плоской перемычки.

Диаметр плоского участка, мм:

$$d_1 \approx 0,12d + 3.$$

Радиусы скругления вершин наметок, мм:

$$R_1 = R + 0,1h_0 + 2,$$

где R – внутренний радиус скругления, принятый для данной поковки, мм.

У поковок при глубине наметки меньше диаметра прошиваемого отверстия в 15 раз и более рекомендуется после раздачи металла в предварительном ручье с плоской перемычкой применять в окончательном ручье перемычку с карманом (рис. 30,в). При этом толщина перемычки $S = 0,4\sqrt{d}$; глубина кармана равна $5S$; радиус скругления $R_2 = 5h_0$; радиус R_3 подбирают графически.

Для перемычки под прошивку с магазином (рис. 30,г) величину $h_3/2$ и b следует определять так же, как для нормального заусенца для данной поковки.

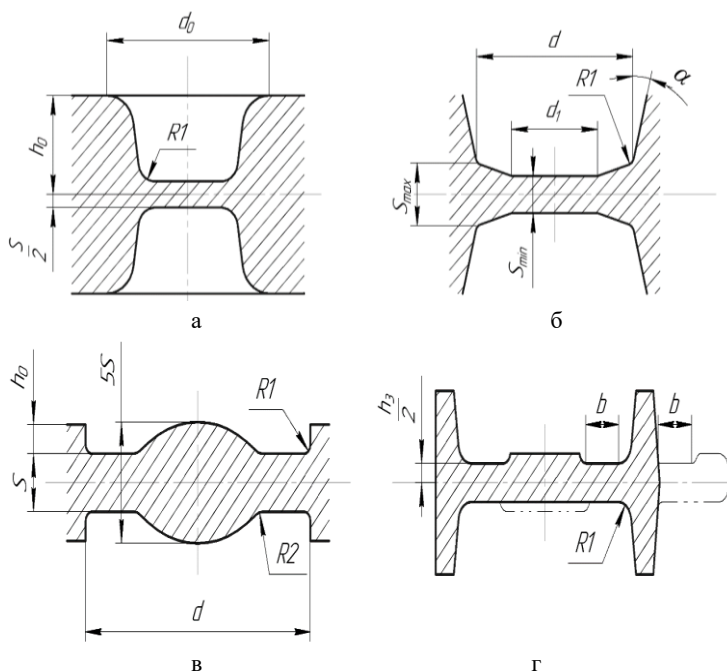


Рис. 30. Виды перемычек:
а – плоская; б – с раскосом; в – с карманом; г – с магазином

При глухой прошивке (рис. 31), если глубина ее не ограничена глубиной выемки у готовой детали, рекомендуется полное скругление вершины полости выполнять одним радиусом:

$$R_1 = \frac{d}{2 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right)},$$

где d – диаметр вершины глухой полости. Для $\alpha = 10^\circ$ $R_1 = 0,595d$.

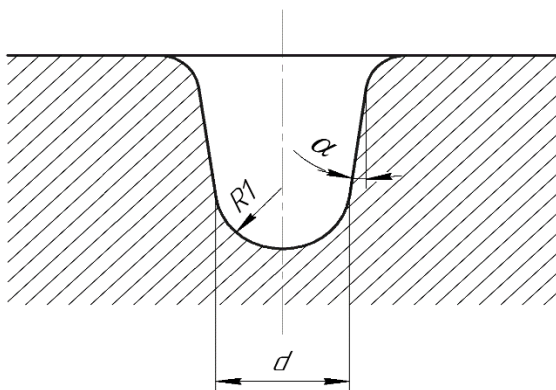


Рис. 31. Глухая прошивка

Площадь проекции поковки на плоскость разреза штампа, мм²:

$$F_{\Pi} = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n,$$

где f_1, f_2, f_3 и т.д. – площади проекций элементарных фигур, составляющих поковку.

Приведенный диаметр поковки некруглой в плоскости разреза штампа (в плане),

$$D_{np} = 1,13 \sqrt{F_n}.$$

Периметр контура поковки в плоскости разреза штампа:

круглой формы (типа шестерни)

$$U_{II} = \pi D_{II},$$

где D_{II} – диаметр поковки, мм;

прямоугольной формы (типа гладкого валика)

$$U_{II} = 2(L + B),$$

где L и B – соответственно длина и ширина контура валика.

Средняя ширина поковки типа многоступенчатого валика:

$$B_{cp} = F_{II} / L_{II},$$

где L_{II} – длина поковки.

Толщина мостика заусенца, мм:

$$h_3 = c' \sqrt{F_{II}},$$

где c' – безразмерный коэффициент, $c' = 0,013 \div 0,016$ (чем крупнее поковка, тем меньше коэффициент c').

Определив h_3 , можно по табл. 5 и 6 найти площадь поперечного сечения заусенечной канавки S_3 (рис. 32).

Объем заусенца

$$V_3 = k' U_{II} S_3,$$

где k' – коэффициент заполнения металлом канавки для заусенца, для круглых в плоскости разъема поковок $k' = 0,6 \div 0,8$ объема канавки типа I; U_{II} – периметр заусенца по замкнутой линии, приближенно равный периметру контура поковки по линии среза заусенца, мм.

Таблица 5. Размеры заусенечной канавки типа I (мм)

Номер высоты	I_3	I_4	R	Номер ширины								
				1			2			3		
				b_3	b_1	S_3 мм	b_3	b_1	S_3 мм	b_3	b_1	S_3 мм
1	0,6	3	1	6	18	52	6	20	61	8	22	74
2	0,8	3	1	6	20	69	7	22	77	9	25	88
3	1,0	3	1	7	22	80	8	25	91	10	28	104
4	1,6	3,5	1	8	22	102	9	25	113	11	30	155
5	2	4	1,5	9	25	136	10	28	153	12	32	177
6	3	5	1,5	10	28	201	12	32	233	14	38	278
7	4	6	2	11	30	268	14	38	344	16	42	385
8	5	7	2	12	32	343	15	40	434	18	46	506
9	6	8	2,5	13	35	435	16	42	530	20	50	642
10	8	10	3	14	38	601	18	46	745	22	55	903
11	10	12	3	15	40	768	20	50	988	25	60	1208

Таблица 6. Размеры заусенечной канавки типа IV (мм)

Диаметр поковки	h_k	h_H	b_3	b_1	R	S_3 , мм
65	1,0	0,5	6	12	0,5-1,0	8
65-80	1,2	0,6	7	14	0,6-1,2	10
80-100	1,5	0,75	9	16	1,0-1,5	12
100-120	1,8	0,9	10	18	1,0-2,0	14
120-150	2,2	1,1	12	20	1,0-2,0	18
150-180	2,6	1,3	13	22	1,5-2,5	25
180-220	3,0	1,5	15	25	1,5-2,5	35
220-260	3,8	1,9	19	25	1,5-3,0	55
260-310	4,6	2,3	23	27	1,5-3,0	80
310-360	5,5	2,75	27	30	2,0-3,5	110
360-440	6,5	3,25	30	35	2,0-4,0	160
440-500	7,5	3,75	35	38	3,0-5,0	210

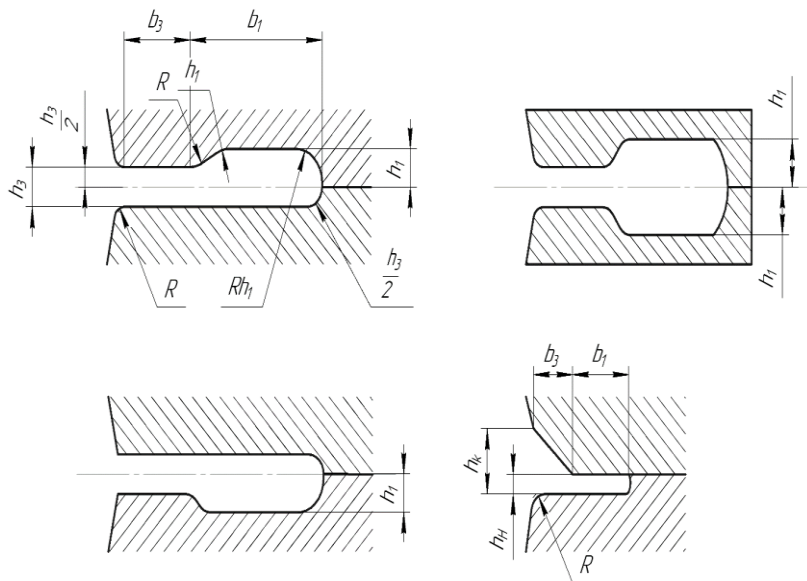


Рис. 32. Типовые сечения канавок для заусенца при штамповке на молотах

2.1.2. Задачи и упражнения

1. Определить приближенно средний припуск на обработку резанием одной стороны молотовой поковки, если высота поковки 60 мм, а длина в плоскости разъема 180 мм. Ответ: 1,6 мм.

2. Найти наружный радиус бобышки поковки, если ширина вершины ее равна 30 мм, а штамповочный уклон составляет 10° . Ответ: 17,9 мм.

3. Определить размеры перемычки под прошивку отверстия диаметром 80 мм с раскосом. Глубина прошивки 36 мм. Ответ: $S_{\min} = 4,7$ мм; $S_{\max} = 9,7$ мм; $d_1 = 12,6$ мм.

4. Поковка имеет прошиваемое отверстие диаметром 225 мм. Найти глубину кармана перемычки. Ответ: 87 мм.

5. Определить радиус полного скругления вершины полости при глухой прошивке, если диаметр вершины полости 40 мм, а штамповочный уклон предусмотрен равным 10° . Ответ: 23,8 мм.

6. Найти объем поковки вала, площадь проекции его на плоскость разъема штампа и среднюю ширину поковки по размерам, указанным на рис. 32. Ответ: $V_{\text{пок}} = 854,5$ см³, $F_{\text{пок}} = 141,5$ см², $B_{\text{ср}} = 7,08$ см.

7. Чему равен периметр поковки вала в плоскости разъема штампа, размеры которой указаны на рис. 33. Ответ: 568,6 мм.

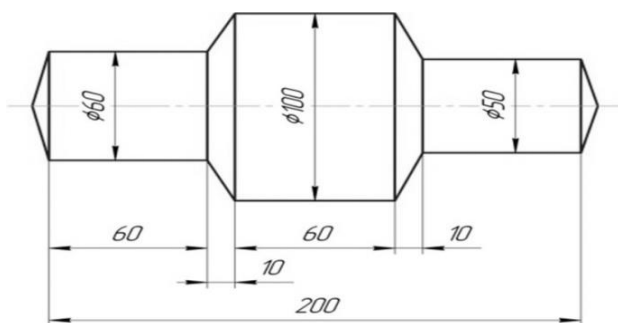


Рис. 33. Поковка вала

8. Определить толщину мостика заусенца, образующегося при штамповке штампом со средней заусенечной канавкой типа I для поковки – вал (рис. 33). Безразмерный коэффициент принять равным 0,015. Ответ 1.8 мм.

9. По ГОСТ 7505-89 определить допуск на размер 200 мм поковки класса точности II, массой 0,5 кг при степени сложности С1 в группе стали М1. Ответ: допуск на размер +1,2 и –0,6.

10. По ГОСТ 7505-89 определить допуск на размер 300 мм поковки класса точности II, массой 1,5 кг при степени сложности С4 в группе стали М2. Ответ: допуск на размер +2,5 и –1,5.

11. Найти объем заусенца поковки шкива, представленной на рис. 31. Форма сечения заусенца – клиновая. Коэффициент заполнения металлом канавки $k' = 0,6$. Ответ: $13,2 \times 10^{-6} \text{ м}^3$.

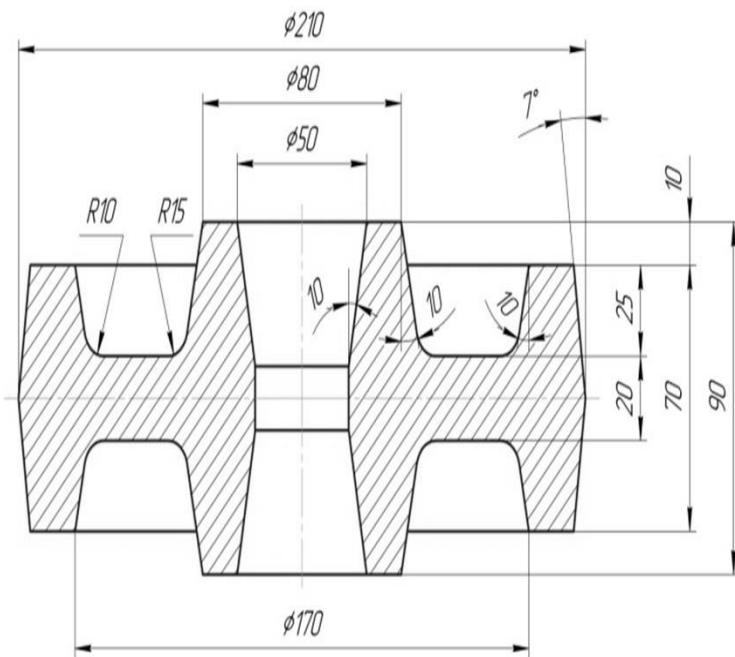


Рис. 34. Поковка шкива

2.2. Определение размеров и массы МОЛОТОВЫХ ЗАГОТОВОК

2.2.1. Теоретические сведения

Масса исходной заготовки

$$G_{заг} = V_{заг} \left(\frac{100 + \delta_y}{100} \right) \rho,$$

где $V_{заг}$ – объем заготовки; δ_y – угар металла, %; ρ – плотность металла.

Объем поковки определяют по ее чертежу (рис. 35):

$$V_{пок} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n,$$

где V_1, V_2 и т.д. – объемы элементарных фигур, составляющих поковку.

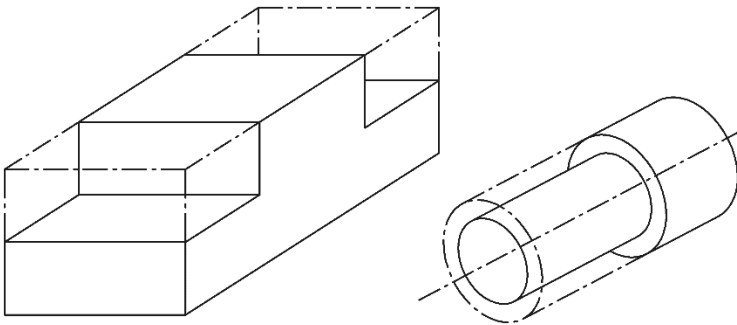


Рис. 35. Вписывание поволок в геометрические фигуры

При расчете объема поковки необходимо к ее номинальным размерам прибавить половину положительного допуска.

Объем отхода без учета угара

$$V_{\text{отх}} = V_3 + V_{\text{пер}} + V_{\text{кл}},$$

где V_3 – объем заусенца; $V_{\text{пер}}$ – объем перемычки, $V_{\text{кл}}$ – объем клещевины.

Угар металла при нагреве исходной заготовки в газовой печи составляет 2%.

Объем заготовки с учетом потерь на заусенец и угар (без клещевины)

$$V_{\text{заг}} = V_{n.з} \frac{100 + \delta_y}{100},$$

где $V_{n.з}$ – суммарный объем поковки и заусенца, $V_{n.з} = V_{\text{пок}} + V_3$;

δ_y – процент угара металла.

Площадь поперечного сечения поковки с учетом заусенца с обеих ее сторон:

$$F_{n.з} = F_{\text{пок}} + 2k'S_3,$$

где $F_{\text{пок}}$ – площадь поперечного сечения поковки; S_3 – площадь поперечного сечения заусенечной канавки;

k' – коэффициент заполнения канавки.

Средняя площадь сечения заготовки

$$F_{\text{ср}} = V_{\text{заг}} / L_{\text{п}},$$

где $L_{\text{п}}$ – длина поковки или длина ее развертки по оси (в случае применения гибки).

Площадь сечения исходной заготовки (см²) уточняют в зависимости от применения ручьев:

а) подвергаемой только подкатке:

$$F_{\text{заг}} = (1,05 \div 1,2) \frac{V_{\text{заг}}}{L_p},$$

где $V_{заг}$ – объем заготовки с учетом потерь на заусенец и угар; L_p – длина расчетной заготовки;

б) с применением только пережимного или формовочного ручья:

$$F_{заг} = (1,05 \div 1,3) \frac{V_{заг}}{L_{II}} ;$$

в) при штамповке удлиненных поковок в плоскости разреза штампа без применения заготовительных ручьев:

$$F_{заг} = (1,02 \div 1,05) \frac{V_{заг}}{L_{II}} ,$$

где L_{II} – длина поковки; большее значение коэффициента при формуле принимают для коротких (<80 мм), меньшее – для длинных (>250 мм) поковок;

г) при штамповке с одним протяжным ручьем:

$$F_{заг} = V_{заг} / l ,$$

где $V_{заг}$ и l – соответственно объем и длина непротягиваемой части заготовки.

Диаметр исходной заготовки:

$$D_{заг} = 1,13 \sqrt{F_{заг}} .$$

Для поковок, изготавливаемых осадкой исходной заготовки в торец, диаметр $D_{заг}$ или сторону квадрата $A_{заг}$ определяют по формулам:

$$D_{заг} = 1,08 \sqrt[3]{\frac{V_{заг}}{m}} ; A_{заг} = \sqrt[3]{\frac{V_{заг}}{m}} ,$$

где m – коэффициент, обозначающий отношение $L_{заг} / D_{заг}$ или $L_{заг} / A_{заг}$, принимают в пределах от 1,6 (лучший для штамповки поковок) до 2,5 (лучший для резки заготовок).

Во всех случаях полученные расчетом диаметр или сторону квадрата корректируют в соответствии с имеющимися сортаментами – прутками по стандарту. После этого уточняют длину исходной заготовки. При штамповке без клещевины длину заготовки определяют из выражения:

$$L_{заг} = V_{заг} / F_{заг} .$$

При штамповке с клещевинной принимают ее длину

$$L_{кл} = (0,5 \div 0,6) D_{заг} .$$

Минимальная длина клещевины $L_{кл} = 25$ мм.

Расчетная заготовка- воображаемая заготовка с круглыми поперечными сечениями, площади которых равны суммарной площади соответствующих сечений поковки и заусенца. Площадь поперечного сечения расчетной заготовки в произвольном месте:

$$S_9 = S_{II} + 2k'S_3 ,$$

где S_{II} – площадь поперечного сечения поковки в произвольном месте; k' – коэффициент заполнения металлом канавки для заусенца; S_3 – площадь сечения канавки для заусенца.

Диаметр расчетной заготовки в произвольном месте

$$d_9 = 1,13\sqrt{S_9} .$$

Получив ряд значений d_9 для характерных поперечных сечений поковки, можно по ним построить чертеж расчетной заготовки или эпюру приведенных диаметров.

Объем расчетной заготовки

$$V_9 = F_9 M ,$$

где F_9 – площадь эпюры; M – принятый масштаб.

Норма расхода металла на поковку

$$G_p = G_{заг} / \eta_{np},$$

где $G_{заг}$ – масса заготовки, кг; η_{np} – коэффициент использования прутка.

Общий коэффициент использования металла η_d на деталь и коэффициент использования металла η_n на поковку:

$$\eta_d = G_{дет} / G_p; \eta_n = G_{пок} / G_p,$$

где $G_{дет}$ – масса детали; $G_{пок}$ – масса поковки.

Число поковок, получающихся из прутка при многошпунтовой штамповке:

$$n_{заг} = \frac{L_{исх} - l_1}{L_{заг}},$$

где $L_{исх}$ – длина исходного прутка; l_1 – припуск на зажим металла в клещах, мм; $L_{заг}$ – длина заготовки.

Число заготовок, получающихся из прутка при отрезке дисковой пилой

$$n_{заг} = \frac{L_{исх} - l_1}{L_{заг} + l_2},$$

где l_1 – припуск на зажим металла, l_2 – припуск на резку прутка. (уход металла в стружку).

2.2.2. Задачи и упражнения

1. Чему равен объем заготовки с учетом отходов металла на заусенец и угар, если объем заготовки с учетом отхода металла на

заусенец равен 800 см^3 , а угар металла составляет 2%? Ответ: 816 см^3 .

2. Определить среднюю площадь сечения и диаметр заготовки, если объем заготовки с учетом потерь на заусенец и угар равен 3200 см^3 , а длина поковки 830 мм. Ответ: $F_{\text{ср}} = 38,6 \text{ см}^2$, $D_{\text{заг}} = 70 \text{ мм}$.

3. Поковку штампуют из квадратной заготовки осадкой в торец. Определить сторону квадрата исходной заготовки, если объем заготовки равен 729 см^3 . Коэффициент, выраженный отношением длины заготовки к ее стороне, принять равным 1,728. Ответ: 75 мм.

4. Найти длину заготовки с минимальной длиной клещевины, если объем ее с учетом отходов металла на заусенец и угар равен 2560 см^3 , а площадь сечения 6400. Ответ: 42,5 мм.

5. Для изготовления поковки требуется штамп с подкатным ручьем и исходная заготовка объемом 1500 см^3 и длиной 60 см. Определить площадь сечения исходной заготовки. Коэффициент при расчетной формуле принять равным 1,1. Ответ: $27,5 \text{ см}^2$.

6. Требуется изготовить удлиненную в плоскости разъема поковку без применения заготовительных ручьев. Объем исходной заготовки равен 2100 см^3 , а ее длина 300 мм. Найти площадь поперечного сечения исходной заготовки. Ответ: $71,4 \text{ см}^2$.

7. Чему равна площадь сечения исходной заготовки при изготовлении поковки в штампе с одним протяжным ручьем? Объем непротягиваемой части заготовки равен 1800 см^3 , а длина – 600 мм. Ответ: 30 см^2 .

8. Определить диаметр расчетной заготовки по наибольшему поперечному сечению шатуна, площадь которого равна 24 см^2 , а площадь сечения заусенечной канавки $2,33 \text{ см}^2$. Коэффициент заполнения металлом канавки принять равным 0,8. Ответ: 5,9 см.

9. Найти общий коэффициент использования при изготовлении детали, если масса заготовки 1,25 кг, масса детали 0,95 кг, а коэффициент использования прутка 0,95. Ответ: 0,72.

10. Из исходного прутка штампуют поковки без предварительной резки его на заготовки. Длина исходного прутка 1370 мм, а за-

готовки 120 мм. Припуск на зажим металла предусмотрен 50 мм. Найти число поковок, получающихся из исходного прутка. Ответ: 11 заготовок.

11. Сколько заготовок получится из исходного прутка при резке его на одинаковые части? Длина исходного прутка 6000 мм, а длина заготовки 245 мм. Разрезка прутка производится дисковой пилой, при этом требуется припуск 3 мм. Припуск на зажим прутка 48 мм. Ответ: 24 заготовки.

12. Исходная круглая заготовка имеет площадь сечения 76 см² и длину 150 см. Найти диаметр заготовки, подобрать ближайший больший к нему диаметр по ГОСТу и пересчитать соответственно длину заготовки. Ответ: $D_{заг} = 10$ см, $h_{заг} = 145,2$ см.

13. Теоретическая масса 1 м стальной заготовки равна 94,99 кг. Определить сторону квадрата заготовки. Ответ: 110 мм.

2.3. Расчет ручьев молотовых штампов

2.3.1. Теоретические сведения

2.3.1.1. Пережимной ручей

Пережимной ручей предназначен для уширения заготовки в некоторых сечениях и размещается с левой или правой стороны от штамповочных ручьев штампов. Ширина пережимного ручья на (рис. 36):

$$B = \frac{F_{заг}}{h_1} + (10 \div 20) \text{ мм},$$

где $F_{заг}$ – площадь поперечного сечения исходной заготовки; h_1 – минимальная высота полости ручья; $h_1 = (0,6 \div 0,75)d_{\text{эmin}}$, где $d_{\text{эmin}}$ – минимальный диаметр расчетной заготовки. Максимальная высота профиля пережимного ручья на участке набора металла, мм:

$$h_2 = (1,05 \div 1,1)d_{\text{эmax}},$$

где $d_{\text{эmax}}$ – диаметр заготовки максимального сечения по эпюре сечений.

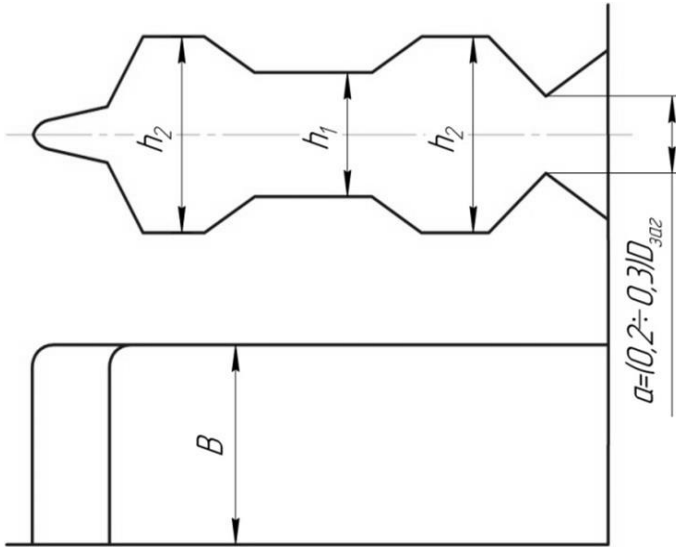


Рис. 36. Пережимной ручей

2.3.1.2. Подкатной ручей

Подкатной ручей предназначен для увеличения площадей поперечных сечений исходной заготовки в одних местах и уменьшения площадей поперечных сечений исходной заготовки в других местах. Ручей может быть открытым (рис. 37,а) и закрытым (рис. 37,б). Второй сложнее в изготовлении, но позволяет набирать больший объем металла по сравнению с первым. Максимальная высота профиля подкатного ручья, мм (рис. 37):

$$H_0 = 0,9\sqrt{F_{\text{л.эmax}}} = 0,9\sqrt{S_{\text{эmax}}},$$

где $F_{n.з.макс}$ – максимальная площадь поперечного сечения поковки с учетом заусенца, мм²; $S_{э.макс}$ – максимальная площадь поперечного сечения расчетной заготовки, мм².

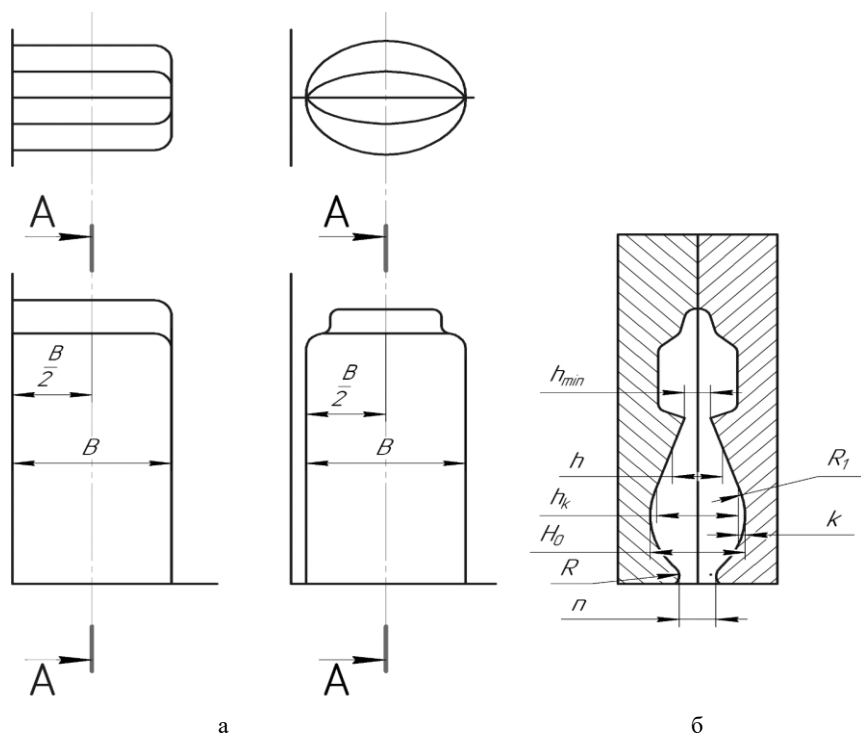


Рис. 37. Подкатные ручки: а – открытый; б – закрытый

Высота профиля подкатного ручья в произвольном сечении, мм,

$$h = (0,7 \div 0,8)d_s,$$

где d_s – диаметр соответствующего сечения расчетной заготовки, мм. Меньшее значение коэффициента следует принимать при толщине исходной заготовки $A_{заг} > 60$ мм. На утолщенных местах

стержней (где d_s приближается к d_{cp}) $h = (0,9 \div 1) d_s$, в местах набора $h \approx d_s$. Если набираемая головка находится рядом с клещевиной $h \approx 1,05 d_s$.

Внешний радиус скругления, мм:

$$R_1 = (1,5 \div 3)K + 5,$$

где K – соответствующая разность высот, мм.

Внутренний радиус скругления, мм:

$$R_{вн} = 5 \div 10.$$

Радиус скругления язычка зева, мм:

$$R = 0,1D_{зав} + 6,$$

где $D_{зав}$ – диаметр исходной заготовки, мм.

Величина зева клещевой части подкатного ручья, мм:

$$n = 0,2D_{зав} + 6.$$

Ширина открытого подкатного ручья, мм:

б) для заготовки, не подвергавшейся предварительной протяжке (подкатка заготовки из сортового металла):

$$B = \frac{F_{зав}}{h_{\min}} + 10,$$

где h_{\min} – минимальная высота ручья, мм;

б) для предварительно протянутой заготовки:

$$B = \frac{F_{зав}}{h_k} + 10,$$

где h_k – высота подкатного ручья в месте перехода стержня в головку, мм.

Ширина закрытого подкатного ручья, мм:

а) для заготовки, не подвергавшейся предварительной протяжке:

$$B = 1,15 \frac{F_{заг}}{h_{\min}} ;$$

б) для заготовки, предварительно протянутой:

$$B = 1,15 \frac{F_{заг}}{h_k} .$$

2.3.1.3. Протяжной ручей

При расположении протяжного ручья открытого типа под углом к оси штампа этот угол применяется равным $\alpha = 12; 15$ или 18° (рис. 38). У прямых ручьев $\alpha = 0^\circ$. Просвет при протяжке без последующей подкатки, мм:

$$a' = (0,8 \div 0,9) \sqrt{S_{\text{эmin}}} = (0,7 \div 0,8) d_{\text{эmin}} ,$$

где $S_{\text{эmin}}$ и $d_{\text{эmin}}$ – соответственно минимальная площадь и диаметр расчетной заготовки.

Просвет при протяжке с последующей подкаткой, мм:

$$a' = (0,8 \div 0,9) \sqrt{\frac{V_c}{l_c}} ,$$

где V_c и l_c – объем и длина протянутого участка заготовки (стержня) по эпюре сечений.

Длина протяжного порога, мм:

$$C = (1,3 \div 1,5) D_{заг} ,$$

где $D_{заг}$ – диаметр или сторона квадрата исходной заготовки, мм.

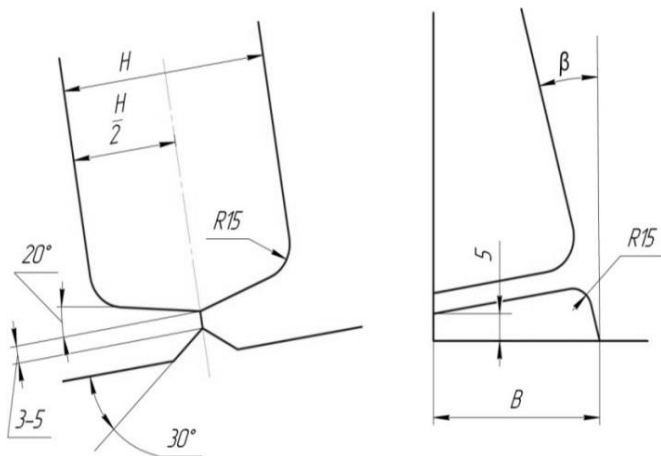


Рис. 38. Протяжной ручей открытого типа, расположенный под углом у оси штампа

Меньшие значения коэффициента рекомендуется принимать при $l_c > 500$ мм, а большие – при $l_c < 200$ мм.

Ширина протяжного порога, мм:

$$B = (1,25 \div 1,5)D_{\text{заг}} + (10 \div 20),$$

где большие значения коэффициента следует брать при $D_{\text{заг}} < 40$ мм, а меньшие – при $D_{\text{заг}} > 80$ мм.

Радиусы скругления, мм: кромок $R = 0,25 C$, рабочей части порога $R_1 = 2,5 C$.

Глубина протяжного ручья, мм: а) при протяжке конца заготовки $h_1 = 2a'$; б) при оставлении на конце головки (длиной l_2 и толщиной h_2): $h_1 = 1,2 h_2$, но $\geq 2d$.

Глубина протяжного ручья спереди, мм:

$$h_2 = D_{\text{заг}} + 12.$$

Наименьшая ширина площадки для оттяжки части заготовки, мм:

$$B_{\min} = 1,4A_{\text{заг}} + 10,$$

где $A_{\text{заг}}$ – сторона квадрата исходной заготовки, мм.

Длина площадки для оттяжки заготовки, мм:

$$a_{\text{пл}} = l_{\text{от}} + 10,$$

где $l_{\text{от}}$ – длина оттянутой части заготовки

2.3.1.4. Гибочный ручей

Гибочный ручей предназначен для изгиба заготовки и для некоторой формовки заготовки в соответствии с формой окончательного ручья в плане. Гибочный ручей обычно располагают с правой стороны штампа. По заготовке наносятся 1–2 удара. Минимальная высота гибочного ручья на рис. 39:

$$h_{\min} \geq \sqrt{\frac{F_{\text{заг}}}{3}}.$$

Минимальная высота гибочного ручья, мм:

$$h_{\min} \geq \sqrt{\frac{F_{\text{заг}}}{3}}.$$

Ширина гибочного ручья, мм:

$$B = \frac{F_{\text{заг}}}{h} + (10 \div 20).$$

Глубина желоба, мм:

$$h_{\text{ж}} = (0,1 \div 0,2)h.$$

Зазор между боковой поверхностью одной части штампа и выступом гибочного ручья на другой части штампа $z_3 = 4 \div 10$ мм.

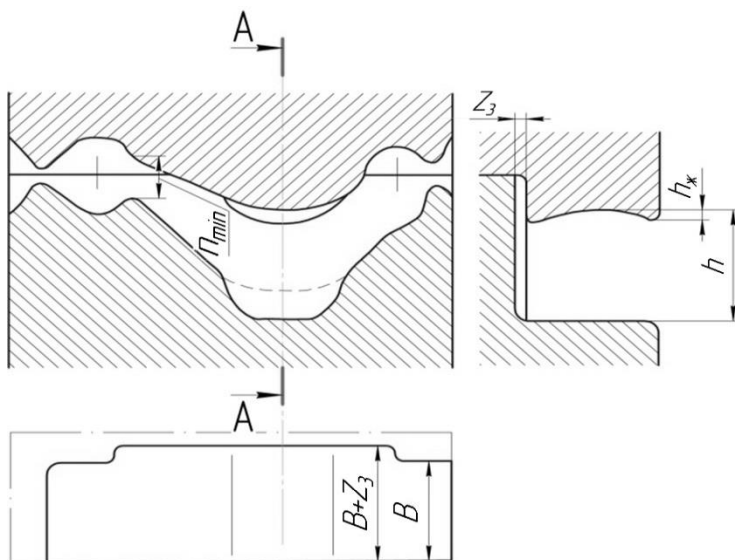


Рис. 39. Гибочный ручей

2.3.1.5. Отрубной ручей

Отрубной ручей располагают или в переднем левом углу, или в заднем левом углу. Угол расположения отрубного ручья относительно боковой стенки штампа $\beta = 15 \div 30^\circ$ (рис. 40).

Угол расположения отрубного ручья относительно боковой стенки штампа $\beta = 15 \div 30^\circ$.

При двух заготовительных ручьях размеры заднего отрубного ручья, мм:

ширина

$$B = D_{заг} + (20 \div 25);$$

высота

$$H = D_{заг} + 20,$$

где $D_{заг}$ – диаметр или сторона квадрата исходной заготовки, мм.

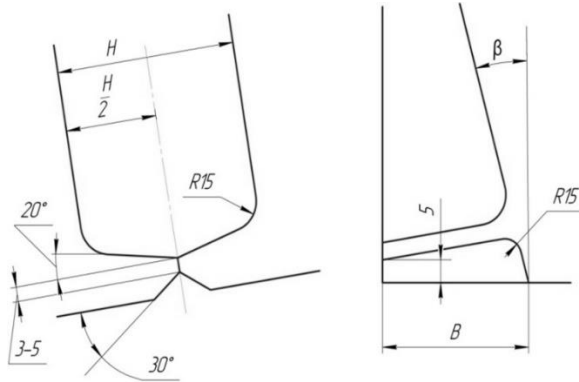


Рис. 40. Отрубной ручей

При одном заготовительном ручье размеры переднего отрубного ручья, мм:

ширина

$$B_1 = f + (25 \div 30),$$

высота

$$H_1 = 2b_2 + 20,$$

где $b_2 = b_{\text{нок}} + b_3 + b_1$, здесь $b_{\text{нок}}$ и f – размеры штампованной поковки; b_2 и b_1 – размеры принимаемые по табл. 5 и 6.

2.3.1.6. Предварительный ручей

Радиус скругления кромки фигуры предварительного ручья при выходе на поверхность разъема, мм:

$$R_1 = R + c_d,$$

где R – радиус скругления в том же месте окончательного ручья, мм; c_d – дополнительная величина, определяемая в зависимости от глубины полости ручья:

Глубина, мм <10 10-25 25-50 >50

c_d 2 3 4 5

Радиус перехода в предварительном ручье, если ручей имеет выступы или ребра высотой более ширины ручья, мм:

$$R_3 = 1,2R_2 + 3 ,$$

где R_2 – соответствующий радиус перехода в окончательном ручье, мм.

Линейный размер между точками ручья штампа с учетом усадки металла, мм:

$$l = 1,015l_0 ,$$

где l_0 – линейный размер между соответствующими точками холдной поковки, мм.

2.3.2. Задачи и упражнения

1. Определить наибольшую ширину пережимного ручья, если диаметр исходной заготовки 40 мм, а минимальная высота полости ручья 25 мм. Ответ: 70,2 мм.

2. Найти максимальную высоту профиля пережимного ручья на участке набора металла, если площадь поперечного сечения поковки на этом участке 1800 мм², а площадь сечения заусенца по обеим ее сторонам 260 мм². Коэффициент при расчетной формуле принять минимальным. Ответ: 54 мм.

3. Определить максимальную высоту профиля подкатного ручья, если максимальный диаметр исходной заготовки 60 мм. Ответ: 47,8 мм.

4. Найти наибольшую высоту профиля подкатного ручья в произвольном сечении, если диаметр соответствующего сечения расчетной заготовки 35 мм. Ответ: 28 мм.

5. Найти величину зева клещевой части подкатного ручья и радиус его скругления, если штампуемая заготовка имеет исходный диаметр 50 мм. Ответ: $n = 16$ мм, $R = 11$ мм.

6. Рассчитать ширину открытого подкатного ручья для заготовки диаметром 60 мм, не подвергавшейся предварительной протяжке, если минимальная высота ручья 40 мм. Ответ: 80,5 мм.

7. Определить минимальную высоту просвета профиля протяжного ручья при протяжке заготовки без последующей подкатки, если минимальный диаметр расчетной заготовки 30 мм. Ответ: 21 мм.

8. Чему равна длина протяжного порога при протяжке поковки типа шатуна со стержнем длиной 300 мм, если поковку изготавливают из заготовки квадратного сечения со стороной квадрата 35 мм? Ответ: 49 мм.

9. Определить ширину протяжного порога, если сторона квадрата протягиваемой заготовки 85 мм. Добавочный размер принять равным 15 мм. Ответ: 121,3 мм

10. Найти радиусы скруглений кромок и порога протяжного ручья, если длина порога 60 мм. Ответ: $R = 15$ мм; $R_1 = 150$ мм.

11. Определить глубину протяжного порога спереди, если диаметр протягиваемой заготовки равен 45 мм. Ответ: 57 мм.

12. Рассчитать наименьшую ширину площадки для оттяжки части заготовки и длину площадки, если сторона квадратной исходной заготовки 60 мм, а длина оттянутой части заготовки 200 мм. Ответ: $B_{\min} = 94$ мм, $l_{\text{пл}} = 210$ мм.

13. Чему равна средняя ширина гибочного ручья при минимальной его высоте, если гибке подвергается заготовка диаметром 30 мм? Ответ: 61 мм.

14. Найти наибольшую глубину желоба гибочного ручья при минимальной его высоте, если площадь сечения изгибаемой заготовки 1200 мм². Ответ: 4 мм.

15. Определить наибольшую ширину и высоту заднего отрубного ручья, если штамповке подвергается заготовка квадратного

сечения со стороной квадрата 60 мм при двух заготовительных ручьях. Ответ: $B = 85$ мм, $H = 80$ мм.

16. Определить радиус скругления кромки фигуры предварительного ручья при выходе на поверхность разъема, если радиус скругления в том же месте окончательного ручья равен 2 мм. Глубина полости ручья в соответствующем сечении 40 мм. Ответ: 6 мм.

17. Линейный размер между центрами головок шатуна при комнатной температуре равен 200 мм. Найти расстояние между соответствующими точками предварительного и окончательного ручьев штампа с учетом усадки металла. Ответ% 203 мм.

2.4. Выбор оборудования для штамповки на молотах

2.4.1. Теоретические сведения

Ориентировочный расчет массы падающих частей (кг) штамповочного молота для штамповки в открытых штампах:

молота простого действия:

$$G_{np} = 10F'_{n.з},$$

где $F'_{n.з}$ – площадь проекции поковки и заусенца на плоскость разъема штампа;

молота двойного действия:

$$G_{дв} = (5 \div 6) F'_{n.з}.$$

Теоретический расчет массы падающих частей (кг) паровоздушного штамповочного молота двойного действия для штамповки в открытых штампах:

поковок круглых в плане:

$$G_0 = 5,6 \cdot 10^{-3} \sigma (1 - 0,0005 D_n) \left\{ 3,75 \left(b_3 + \frac{D_n}{4} \right) (75 + 0,001 D_n^2) + \right. \\ \left. + D_n \left(\frac{b_3^2}{2} + \frac{b_3 D_n}{4} + \frac{D_n^2}{50} \right) \ln \left[1 + \frac{2,5(75 + 0,001 D_n^2)}{D_n h_3} \right] \right\},$$

где σ – сопротивление деформированию материала поковки при данной температуре, кгс/мм² (МПа), $\sigma \approx \sigma_{Br}$; b_3 и h_3 – соответственно ширина и высота мостика заусенечной канавки, мм; D – диаметр поковки;

поковок некруглых в плане:

$$G_0 = 5,6 \cdot 10^{-3} \sigma (1 - 0,0005 D_{np}) \left\{ 3,75 \left(b_3 + \frac{D_{np}}{4} \right) (75 + 0,001 D_{np}^2) + \right. \\ \left. + D_{np} \left(\frac{b_3^2}{2} + \frac{b_3 D_{np}}{4} + \frac{D_{np}^2}{50} \right) \ln \left[1 + \frac{2,5(75 + 0,001 D_{np}^2)}{D_{np} h_3} \right] \right\} \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{L_{II}}{B_{cp}}} \right),$$

где D_{np} – приведенный диаметр поковки, мм, $D_{np} = 1,13 \sqrt{F_{II}}$; L_{II} – длина поковки в плане, мм; B_{cp} – средняя ширина поковки в плане, мм, $B_{cp} = F_{II} / L_{II}$.

Ориентировочная масса падающих частей молота двойного действия для штамповки в закрытых штампах, кг:

$$G_{о\acute{e}} = (3,5 \div 5) F_{II},$$

где F_{II} – площадь проекции поковки в плане, см².

Для определения массы падающих частей молота при штамповке в закрытых штампах можно пользоваться теоретическими формулами, приведенными для штамповки в открытых штампах, при этом полученную массу падающих частей следует уменьшить на 20-25%.

Энергия удара молота простого действия:

$$Q_{yo} = 0,8GH ,$$

где G – масса падающих частей молота, кг; H – максимальный ход бабы молота с учетом высоты верхней половины штампа, м.

Энергия удара молота двойного действия:

$$Q_{дв} = 1,44GH .$$

Скорость падения бабы молота простого действия (с учетом потерь на трение), м/с :

$$v_o = \sqrt{1,8gH} ,$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; $H = 1,5 \div 2$ м.

Усилие обрезающего пресса.

Усилие обрезки заусенца или прошивки перемычки:

$$P_{обр} = k'k_{зан}F_{cp}\sigma_{cp} = 1,8U_{II}t_3\sigma_6 ;$$

$$P_{пр} = 1,8U_{II}t_{II}\sigma_6 ,$$

где k' – коэффициент, учитывающий затупление режущих кромок, $k' = 1,8$; $k_{зан}$ – коэффициент запаса усилия обрезающего пресса, $k_{зан} = 1,25$; F_{cp} – площадь среза, определяемая через периметр контура среза U_{II} и действительную толщину среза t_3 и t_{II} по формулам, мм²: заусенца – $F_{cp} = U_{II}t_3$, перемычки – $F_{cp} = U_{II}t_{II}$; σ_{cp} – предел прочности при срезе металла при температуре обрезки, который может быть выражен через предел прочности при растяжении (при холодном растяжении $\sigma_{cp} \approx 0,8\sigma_6$, при горячем $\sigma_{cp} \approx 0,8\sigma_{Bt}$).

У мелких поковок заусенцы обычно обрезают в холодном состоянии, а у средних и крупных – в горячем.

Ниже приведены пределы прочности при растяжении σ_s , (МПа) углеродистых сталей при температуре холодной обрезки:

Сталь обыкновенного качества:

Ст2	340-420
Ст3	380-470
Ст4	420-520
Ст5	500-620

Сталь качественная конструкционная:

2	420
30	500
40	580
50	610

Ниже приведены пределы прочности при растяжении сталей с различным содержанием углерода при температуре горячей обрезки (800-750 °С) :

τ_{Br} (МПа)	
<0,25% С (Ст2, 10, 20)	100
>0,25% С (45, Ст5, 20Х)	120
Низколегированные с >0,25% С (60Г, 40Х, 45ХН)	150
Легированные (ШХ15, 45ХНМА, 38ХМЮА)	200
Легированные инструментальные (3Х2В8, 7Х3)	250
Действительная толщина среза обрезаемого заусенца, мм:	

$$t_3 = z_c + n';$$

прошиваемой перемычки, мм:

$$t_{II} = z_{II} + n' + m_u,$$

где z_c и z_{II} – величины, определяемые графически соответственно по линии среза заусенца (рис. 41) и по линии прошивки перемычки, мм; m_u – износ выступа под наметку в штампе, принимаемый равным 5-8 мм.

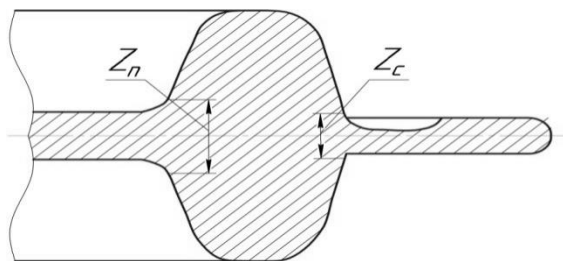


Рис. 41. Действительная толщина обрезаемого заусенца и прошиваемой перемычки

Усилие одновременной обрезки заусенца и прошивки пере-
мычки в комбинированном штампе,

$$P_{общ} = P_{обр} + P_{пр}.$$

Штамповочное оборудование.

1. Номинальная масса падающих частей паровоздушных штамповочных молотов двойного действия по ГОСТ 7024-75: 0,63 ; 1 ; 2 ; 3,15 ; 5 ; 10 ; 16 и 25 т. Эти молоты предназначены для штамповки поковок разнообразной формы из прокатанного исходного материала преимущественно в многоручьевых открытых штампах. Масса штампуемых поковок колеблется от 1 (для молота G=0,63 т) до 360 кг (для молота G=16 т).

2. Номинальная масса падающих частей штамповочных фрикционных молотов с доской 500; 750; 1000 и 1500 кг. Эти молоты предназначены для штамповки мелких поковок преимущественно в открытых штампах, а также для холодной правки отштампованных поковок после обрезки заусенца.

3. Штамповочные молоты с двусторонним ударом (бесшаботные), применяемые для штамповки крупных поковок преимущественно в одноручьевых штампах, имеют следующую энергию удара: молоты с ленточной связью верхней и нижней бабы 10000-45000 кгс·м (98-441 кДж); молоты с гидравлической связью верх-

ней и нижней бабы 20000-100000 кгс·м (196-980 кДж). Если при штамповке на этих молотах нужны заготовительные операции, то их следует выполнять на другом оборудовании (ковочных молотах, вальцах, прокатных станах для периодического профиля).

4. Обрезные кривошипные прессы закрытого типа, предназначенные для обрезки заусенца, прошивки отверстий и правки штампованных поковок в простых, последовательных и совмещенных штампах выпускают номинальным усилием t_c (МН): 100 (0,98); 160 (1,57); 250 (2,45); 400 (3,92); 630 (6,17); 1000 (9,8); 1600 (15,7); 2500 (24,5).

Номинальные усилия t_c (МН) паровоздушных штамповочных молотов двойного действия приведены в работе [18].

2.4.2. Задачи и упражнения

1. Рассчитать ориентировочную массу падающих частей штамповочного молота простого действия, если площадь проекции поковки с заусенцем на плоскость разъема штампа (в плане) составляет 200 см². Поковку изготавливают в открытом штампе. Ответ: 200 кг.

2. Поковка (с заусенцем) длиной 180 мм и средней шириной 120 мм предназначена для штамповки в открытом штампе на молоте двойного действия. Определить ориентировочную массу его падающих частей, если коэффициент при расчетной формуле принять равным 6. Ответ: 1296 кг.

3. Найти энергию удара молота двойного действия, если масса его падающих частей равна 16 т, а ход бабы 1,2 м. Ответ: 270 кДж.

4. Определить скорость падения бабы молота простого действия, если высота ее падения равна 2 м. Ответ: 6 м/с.

5. Определить массу падающих частей паровоздушного молота двойного действия, необходимую для штамповки в открытом ручье круглой в плане стальной поковки, если диаметр поковки 200 мм, ширина и высота мостика заусенечной канавки соответственно 10

и 3 мм, а сопротивление деформированию материала поковки при температуре 1000 °С $\sigma = \sigma_{Bt} = 30$ МПа. Ответ: 2020 кг.

6. Найти массу падающих частей паровоздушного молота двойного действия, необходимую для штамповки в открытом ручье стальной поковки типа многоступенчатого валика длиной 200 мм, если площадь проекции поковки на плоскость разъема штампа (в плане) равна 19600 мм², ширина и высота мостика заусенечной канавки соответственно 9 и 2 мм, а сопротивление деформированию материала поковки при температуре 1000 °С $\sigma = \sigma_{Bt} = 54$ МПа. Ответ: 3100 кг.

7. Определить минимальную ориентировочную массу падающих частей молота двойного действия, необходимую для штамповки поковки в закрытом штампе, если площадь проекции поковки на плоскость разъема штампа (в плане) составляет 250 см². Ответ: 875 кг.

8. Чему равно усилие горячей обрезки заусенца, если поковка штампуются из стали 45? Периметр среза 520 мм, толщина заусенца, определяемая графически по линии среза, 5 мм, а недоштаповка 1,5 мм. Ответ: 722 КН.

2.5. Штамповка на кривошипных горячештаповочных прессах

2.5.1. Теоретические сведения

Припуски и допуски для прессовых поволок из черных металлов регламентированы ГОСТ 7505-89. Штаповочные уклоны назначают на внутренние и внешние боковые поверхности поковки. Они облегчают ее удаление из штаповочного ручья. При остывании наружные поверхности поковки отходят от стенок ручья, а внутренние – обхватывают его выступающие части. Усилие, требуемое для удаления поковки из ручья, а, следовательно, вели-

чина штамповочных уклонов определяется его глубиной. Величины штамповочных уклонов стандартизированы и в соответствии с ГОСТ 7505-89 составляют при штамповке на КГШП (без выталкивателей): внешние – 5°, внутренние – 7°.

Радиусы закруглений наружных (внешних) r_n и внутренних R_n углов поковки влияют на условия течения металла, качество заполнения гравюры поковки и как следствие на стойкость штампа. Недостаточная величина радиусов закругления приводит к образованию зажимов и перерезанию волокон. Минимальная величина радиусов закруглений наружных углов r_n определяется по ГОСТу 7505-89 и приведена в табл. 7.

Таблица 7. Минимальная величина наружных радиусов закруглений r_n в миллиметрах

Масса поковки, кг	Глубина полости штампа, мм			
	До 10	10-25	25-60	Св. 50
До 1,0 включит.	1,0	1,6	2,0	3,0
Св. 1,0 до 6,3 "	1,6	2,0	2,5	3,6
" 6,3 до 16,0 "	2,0	2,5	3,0	4,0
" 16,0 до 40,0 "	2,5	3,0	4,0	5,0

Значения радиусов внутренних углов R_n определяют течение металла и их значение целесообразно выбирать по данным таблицы 8, где: H – глубина формируемой полости, B – размер линейного элемента.

Таблица 8. Минимальная величина наружных r_n и внутренних R_n радиусов закруглений, в миллиметрах

H/B	до 2	2...4	Св. 4
r_{min}	$0,05H + 0,5$	$0,06H + 0,5$	$0,07H + 0,5$
R_{min}	$2,5 r_{min} + 0,5$	$3 r_{min} + 0,5$	$3,5 r_{min} + 0,5$

Полученные величины округляются до ближайшего значения ряда радиусов в миллиметрах: 0,8, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12,5, 15, 20, 25, 30.

Чертеж поковки разрабатывают на основе чертежа чистовой детали в масштабе ее изображения с достаточным числом проекции. Контур чистовой детали на чертеже поковки показывают штрихпунктирной линией с двумя точками. Размеры готовой детали разрешается проставлять в круглых скобках под размерами поковки. Расположение плоскости разъема изображается тонкой штрихпунктирной линией, ограниченной на концах знаком х.

Система простановки размеров поковки должна полностью соответствовать системе простановки размеров детали и учитывать исходные базы механической обработки. Размерные линии для нанесения размеров поковки с уклонами проводят от вершин уклонов.

В угловом штампе чертежа поковки указывают название поковки, ее массу, марку материала в соответствии с ГОСТом. В технических требованиях указывают: класс точности, группу поковки, степень сложности, штамповочные уклоны, радиусы закруглений, не указанные в чертеже и отклонения на них, отклонения формы поковки (сдвиг, кривизна, коробление, несоосность отверстий и сечений), допускаемая величина остатка заусенца по периметру среза, термообработка и твердость.

Чертеж «горячей» поковки предназначен для изготовления штамповочных ручьев: окончательного (чистового), предварительного (чернового), и предварительно-заготовительного. Он составляется по чертежу поковки и вычерчивается в том же масштабе. Номинальные размеры «горячей» поковки больше номинальных размеров поковки. Разница соответствует величине температурной линейной усадки материала при остывании, которая для черных металлов составляет 1,015, а для цветных металлов и сплавов – 1,01. При наличии отдельных (тонких и длинных быстро остывающих) элементов поковки возможно отклонение величины усадки в меньшую сторону.

Размеры на чертеже «горячей» поковки проставляют без допусков с учетом особенностей ее расположения на штампе. В дополнении к размерам поковки указывают размеры необходимые для построения плоскости разреза поковки. Для облегчения разметки контрольной поковки указывают величины припусков. В примечаниях к чертежу обычно дают сведения о величине температурной усадки, неоговоренных штамповочных уклонах и радиусах закругления.

Для поковок, изготавливаемых осадкой в торец или комбинацией осадки с выдавливанием, объем заготовки

$$V_{заг} = (V_{пок} + V_{пер} + V_3) \frac{100 + \delta_y}{100},$$

где $V_{пок}$ – объем поковки, определяемый как сумма объемов элементарных геометрических фигур, из которых состоит поковка; $V_{пер}$ – объем перемычки; V_3 – объем заусенца (облоя); δ_y – угар металла, %.

Угар при индукционном нагреве принимают равным 1%, а в газовой печи – 2%.

Расчетный диаметр и сторона квадрата исходной заготовки, см:

$$D_{заг} = 1,083 \sqrt[3]{\frac{V_{заг}}{m_0}}; \quad A_{заг} = \sqrt[3]{\frac{V_{заг}}{m_0}},$$

где m_0 – отношение длины к диаметру или стороне квадрата, рекомендуется принимать $m_0 = 1,6 \div 2,5$.

Полученные размеры $D_{заг}$ и $A_{заг}$ принимают ближайшими большими по сортаменту проката, предусмотренному ГОСТами.

Длина заготовки круглого сечения

$$L_{заг} = \frac{V_{заг}}{F_{заг}} = \frac{4V_{заг}}{\pi D_{заг}^2},$$

где $F_{заг}$ – площадь поперечного сечения заготовки.

При изготовлении поковки удлиненной формы объем заготовки

$$V_{заг} = (V_{пок} + V_3) \frac{100 + \delta_V}{100}.$$

Объем заусенца поволоков удлиненной формы

$$V_3 = U_{II} (b_3 h_3 + h_2 B),$$

где U_{II} – периметр контура поковки; b_3 – ширина мостика, (рис. 41; табл. 9); h_3 – толщина заусенца по мостику (табл. 9); h_2 – толщина заусенцев по магазину, $h_2 = 2 h_3$; B – ширина заусенца по магазину.

Ширина заусенца по магазину в зависимости от массы поковки:

Масса, кг <0,5 0,5-2 >2

B , см 1 1,5 2

Таблица 9. Размеры канавок для заусенца в мм

Усилие прессы, тс (МН)	h_3	b_3	h_1	R_1	H	r
630 (63)	1-1,5	4-5	5	15	1-3	0,5
1000 (10)	1,5-2	4-6	6	15	3-8	1
1600 (16)	2-2,5	5-6	6	20	8-20	1,5
2000 (20)	2,5-3	6	6-8	20	20-30	2
2500 (25)	2,5-3	6	6-8	20	30-60	3
3150-4000 (31,5-40)	3,5-4	6-8	8	25	60-80	3,5-4
5000-6300 (50-63)	4,5-5	8-12	9-12	30	Св. 80	5-6

Если поковки сложной формы и заусенец получается в предварительном штамповочном ручье то, ширину В удваивают.

Объем заусенца при штамповке выдавливанием.

1. Объем торцового заусенца:

$$V_3 = \pi D_{II} h_3 b_3,$$

где D_{II} – диаметр поковки; h_3 – толщина заусенца; b_3 – ширина заусенца; обычно $b_3 = 3 \div 5$ мм.

Толщина заусенца для головки диаметром в зависимости от диаметра головки:

$$D_{II}, \text{ мм} \dots\dots <40 \quad 40-70 \quad 70-100 \quad >100$$

$$h_3, \text{ мм} \dots\dots\dots 0 \quad 1 \quad 1,5 \quad >1,5$$

2. Объем поперечного заусенца:

$$V_3 = \frac{\pi}{4} (D_3^2 - D_{II}^2) h_3 = \frac{\pi}{4} [(D_{II} + 2b_3)^2 - D_{II}^2] h_3,$$

где D_3 – наружный диаметр заусенца; b_3 – ширина заусенца.

Объем заготовки с учетом угара при штамповке поволок без заусенца выдавливанием:

$$V_{заг} = V_{II} \frac{100 + \delta_y}{100}.$$

Объем заготовки с учетом заусенца, подрезки и угара металла при изготовлении поволок типа стержней с утолщением выдавливанием:

$$V_{заг} = (V_{ym} + V_c + V_3 + V_p) \frac{100 + \delta_y}{100},$$

где V_{ym} – объем утолщенной части поковки; V_c – объем стержня; V_p – объем потерь на подрезку стержня.

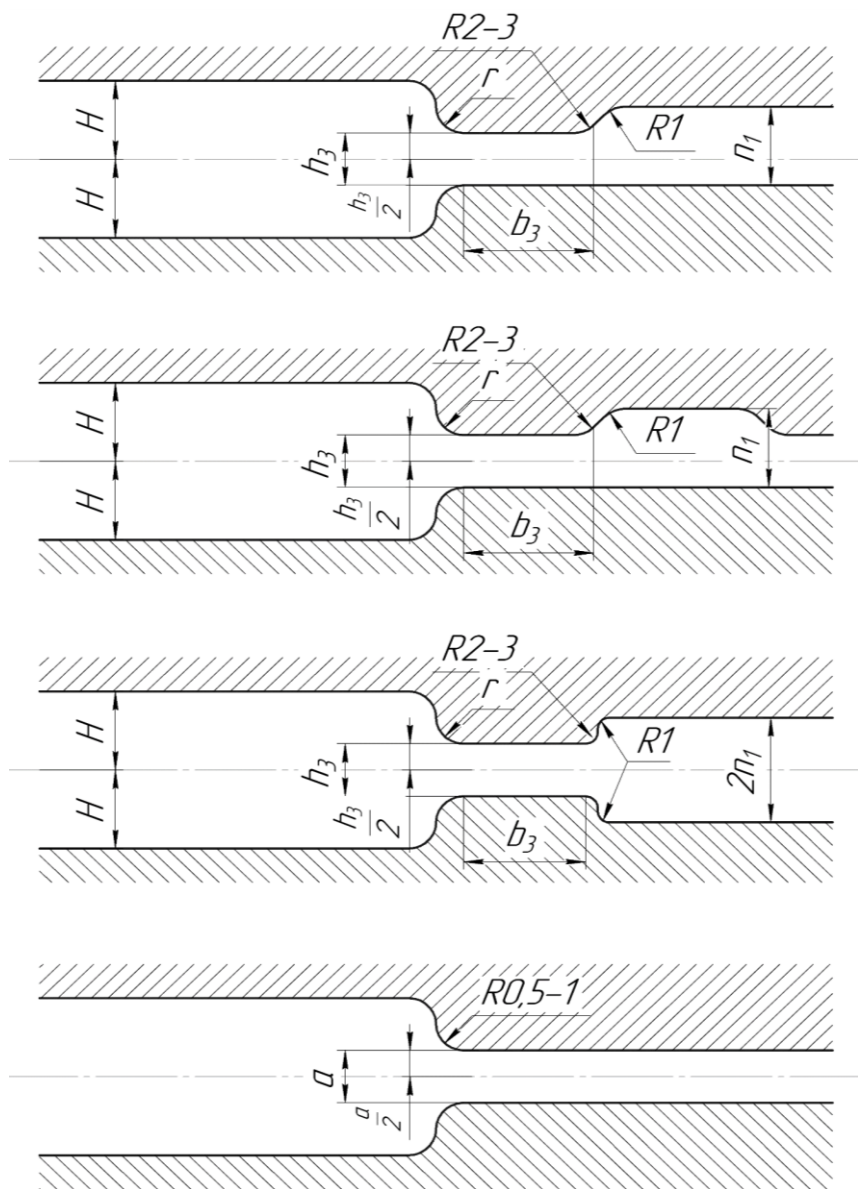


Рис. 42. Канавки для заусенца

При изготовлении поковки со стержнем выдавливанием в закрытых штампах учитывают потери металла на удлинение стержня. Эти потери устанавливают из расчета, что после штамповки длина стержня на 15-25 мм больше номинальной (для устранения сферичности торца резанием).

Масса заготовки, кг,

$$G_{заг} = V_{заг} \rho ,$$

где ρ – плотность металла заготовки.

Площадь сечения исходной заготовки при штамповке поковок удлиненной формы с незначительной разницей в площадях поперечных сечений, см²:

$$F_{заг} = \frac{V_{заг}}{L_{заг} - 5} ,$$

где $L_{заг}$ – длина заготовки, см.

Длину заготовки следует выбирать так, чтобы она легко укладывалась в ручей штампа и перекрывала отдельные его впадины. Поковки с различными площадями поперечных сечений вдоль главной оси штампуют по две штуки с расположением их в ручье «валетом». При этом разница площадей поперечных сечений становится незначительной. Тогда площадь сечения заготовки можно определить по формуле:

$$F_{заг} = (F_{пок} + F_3) \frac{100 + \delta_y}{100} ,$$

где $F_{пок}$ – наибольшая площадь поперечного сечения совокупности двух поковок, см²;

F_3 – площадь сечения заусенца в том же сечении, δ_y – потери на угар, %.

Средняя ширина поковки в плоскости разъема штампа (в плане)

$$B_{cp} = F_{\Pi} / L_{\Pi},$$

где F_{Π} и L_{Π} – площадь и длина поковки в плане.

Глубина пережимного ручья на участках обжатия металла поковки, см,

$$h_{об} = 0,8\sqrt{F_{n.з}},$$

где $F_{n.з}$ – площадь поперечного сечения поковки с учетом заусенца.

Глубина пережимного ручья на участках подъема металла поковки

$$h_{пер} = 1,1\sqrt{F_{\Pi}}.$$

Приведенный диаметр поковки некруглой формы в плане

$$D_{np} = 1,13\sqrt{F_{\Pi}}.$$

Диаметр полости матрицы для штамповки прямым выдавливанием (рис. 43):

$$D_0 = D_{заг} + k_{д},$$

где $k_{д}$ – добавочный размер, $k_{д} = 2 \div 10$ мм.

Диаметр рабочего отверстия (очка) матрицы для штамповки прямым выдавливанием

$$d_0 = d - (0,1 \div 0,2),$$

где d – диаметр стержня поковки с учетом усадки металла и верхнего отклонения допуска.

Приведенный диаметр полости матрицы для поковки некруглой формы:

$$D_{np} = 1,13\sqrt{F},$$

где F – площадь сечения полости матрицы, перпендикулярная к движению пуансона.

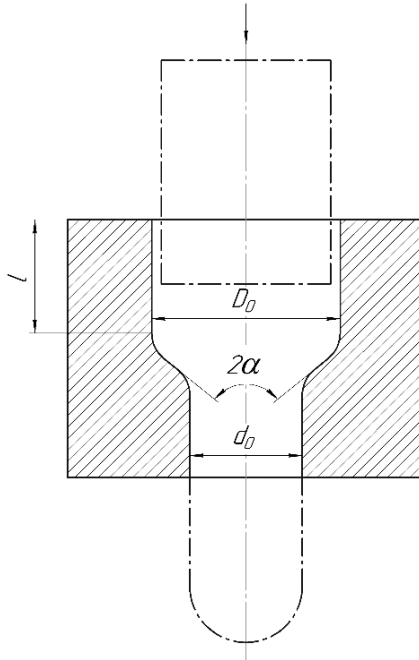


Рис. 43. Круглая матрица для штамповки поковок прямым выдавливанием

Приведенный диаметр рабочего отверстия (очка) матрицы для поковки некруглой формы

$$d_{np} = 1,13\sqrt{f},$$

где f – площадь сечения рабочего отверстия (очка) матрицы, перпендикулярная к движению пуансона.

Параметры процесса выдавливания.

Коэффициент вытяжки

$$k_g = F / f.$$

При $k_g = 7,5 \div 7,8$ выдавливание протекает без торцового заусенца;

при $k_g = 7,8 \div 15$ при выдавливании получается торцовый заусенец;

при $k_g > 15$ выдавливание не рекомендуется.

Относительное обжатие, %

$$\delta_0 = \frac{F - f}{F} 100.$$

При штамповке выдавливанием литой заготовки из цветных металлов $\delta_0 = 80 \div 85\%$, для остальных поковок $\delta_0 = 15 \div 95\%$.

Скорость выдавливания металла из рабочего отверстия (очка) матрицы

$$\omega = \frac{F}{f} \nu,$$

где ν – скорость движения пуансона, равная скорости рабочего хода ползуна прессы, м/с, в момент начала деформации $\nu = 0,6 \div 0,8$ м/с.

Максимальное усилие при штамповке, как правило, возникает в окончательном ручье в момент доштамповки, когда поковка приобретает наибольшие размеры в плане, а излишек металла образует облой. Так как окончательный ручей выполняют по размерам поковки, то необходимое усилие процесса можно определить исходя из его размеров.

Усилие при штамповке прямым выдавливанием в матрице, представленной на рис. 40, определяют по выражению

$$P = \sigma_T \left[\left(\frac{1}{2 \sin \alpha} + \frac{2}{1 + \cos \alpha} \right) \ln \frac{D_0^2}{d_0^2} + \frac{2L}{D_0} + \frac{2l}{d_0} \right] \frac{\pi D_0^2}{4},$$

где σ_T – предел текучести с учетом температуры нагрева заготовки и скорости деформации.

При штамповке на КГШП можно принять $\sigma_T = (2 \div 2,5) \sigma_{Bt}$ (σ_{Bt} – предел прочности при температуре окончания штамповки, кгс/мм², табл. 10).

Усилие штамповки прямым выдавливанием круглых в плане поковок по приближенной формуле А.В. Ребельского

$$P = k \left(\sqrt{\frac{D_0}{d_0}} - 0,8 \right) \sigma_{Bt} \frac{\pi D_0}{4},$$

где k – коэффициент при штамповке на кривошипных горячештамповочных прессах; при числе ходов в минуту < 40 $k = 12,5$, а при числе ходов в минуту > 40 $k = 15$; D_0 – диаметр утолщенной части поковки, полученной после выдавливания; d_0 – диаметр стержня, полученного выдавливанием.

Для определения усилия при штамповке поковок некруглой формы нужно в последней формуле D_0 и d_0 заменить соответственно на D_{np} и d_{np} (приведенные диаметры), тогда

$$P = k \left(\sqrt{\frac{D_{np}}{d_{np}}} - 0,8 \right) \sigma_{Bt} \frac{\pi D_{np}}{4}.$$

При одновременной штамповке прямым выдавливанием в предварительном и окончательном ручьях общее усилие прессы составит

$$P_{общ} = P_{пред} + P_{ок},$$

где $P_{пред}$ – усилие предварительной штамповки; $P_{ок}$ – усилие окончательной штамповки.

Усилие обрезки заусенца определяют так же, как и при штамповке на молоте. Для штамповки с заусенцем в открытом штампе расчетное усилие прессы определяют по формулам А.Н. Брюханова и А.В. Ребельского.

**Таблица 10 – Предел прочности при растяжении стали σ_{Bt}
при температуре окончания штамповки**

Сталь	σ_{Bt} МПа при штамповке		
	на КГШП	на молотах	на ГКМ
Низкоуглеродистая с содержанием <0,25% С (10, 15, 20, Ст2, Ст3, Ст4 и др.)	60	55	77
Среднеуглеродистая с содержанием >0,25% С (30, 40, 50, Ст5, Ст6); низколегированная с содержанием <0,25% С (15Х, 20Х, 20ХН, 18ХН, 15ХФ и др.)	65	60	80
Низколегированная с содержанием >0,25% С (40Х, 35СГ, 40ХН, 45ХН, 40ХС, 40ХФА)	70	650	90

Для круглых в плане поковок

$$P = 8(1 - 0,001D_{II}) \left(1,1 + \frac{20}{D_{II}} \right)^2 \sigma_{Bt} F_{II};$$

для некруглых в плане поковок

$$P = 8(1 - 0,001D_{np}) \left(1,1 + \frac{20}{D_{np}} \right)^2 \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{L_{II}}{B_{cp}}} \right) \sigma_{Bt} F_{II},$$

где D_{II} – диаметр (максимальный) круглой в плане поковки; F_{II} – площадь проекции поковки (без заусенца) на плоскость разреза штампа; D_{np} – приведенный диаметр поковки, имеющей в плане некруглую форму, $D_{np} = 1,13\sqrt{F_{II}}$; L_{II} – максимальная длина некруглой в плане поковки; B_{cp} – средняя ширина поковки в плане,

$B_{cp} = F_{II} / L_{II}$. Определив расчетную величину P , следует выбрать по ГОСТ 6809-87 [22] пресс с ближайшим большим усилием.

Кривошипные горячештамповочные прессы, согласно ГОСТ 6809-87 [22], имеют номинальное усилие 630, 1000, 1600, 2500, 4000, 6300 тс (6,17-61,7 МН) (табл. 11).

При переходе со штамповки на молоте ориентировочно пресс выбирают по соотношению $P = G$, где P – усилие прессы, тс; G – масса падающих частей молота.

Таблица 11. Основные параметры и размеры кривошипных горячештамповочных прессов

Параметры и размеры	Номинальное усилие, тс (МН)					
	630 (6,3)	1000 (10)	1600 (16)	2500 (25)	4000 (40)	6300 (63)
Ход ползуна, мм	200	250	300	350	400	460
Число ходов ползуна в минуту	90	80	75	60	50	40
Расстояние между столом и подштамповой плитой ползуна в его крайнем положении, мм	560	560	660	890	1000	1150
Размеры стола, слева направо (В), спереди назад (L); ВxL, мм	640 x 820	770 x 990	940 x 1200	1200 x 1400	1570 x 1620	1900 x 1950
Размеры ползуна, слева направо (В), спереди назад (L); ВxL, мм	600 x 600	720 x 720	860 x 910	1070 x 1120	1420 x 1420	1680 x 1680

2.5.2. Задачи и упражнения

1. Поковку типа шестерни штампуют путем осадки и выдавливания металла одновременно. Объем заготовки, предназначенный для поковки, равен 2000 см^3 . Найти диаметр заготовки, если коэффициент $m_0 = 2(m_0 = L_{заг} / D_{заг})$. Ответ: 10,8 см.

2. Найти приведенный диаметр поковки некруглой в плане формы, если площадь проекции ее на плоскость разъема штампа 144 см^2 . Ответ: 13,56 см.

3. Определить объем заготовки, если объем поковки 3000 см^3 , объем перемычки 100 см^3 , объем заусенца 200 см^3 , а угар металла составляет 2%. Ответ: 3366 см^3 .

4. Определить объем заготовки, если объем поковки 3000 см^3 , объем перемычки 100 см^3 , объем заусенца 200 см^3 , а угар металла составляет 2%. Ответ: 3366 см^3 .

5. Поковка, имеющая утолщение диаметром 100 мм и стержень диаметром 40 мм, штампуются выдавливанием металла без заусенца. Объем поковки 4000 см^3 , а угар металла 1%. После штамповки длина стержня на 20 мм больше номинальной. Определить объем исходной заготовки. Ответ: 4065 см^3 .

6. Найти объем заусенца поковки удлиненной формы, если масса ее $>2 \text{ кг}$. Периметр контура поковки 600 см, ширина мостика 6 мм, толщина заусенца по мостику 3 мм. Ответ: 828 см^3 .

7. Круглую в плане поковку штампуют с поперечным заусенцем. Определить объем заусенца, если наружный диаметр его 30 см, диаметр поковки 27 см, а толщина заусенца 4 мм. Ответ: $53,7 \text{ см}^3$.

8. Поковку, имеющую удлиненную форму и поперечные сечения, отличающиеся по площади незначительно, штампуют без применения заготовительных ручьев. Найти площадь заготовки, если ее объем 585 см^3 , а длина 200 мм. Ответ: 30 см^2 .

9. Поковки типа шатуна, имеющие значительную разницу в площадях поперечных сечений, штампуют по две штуки с распо-

ложением их в ручье штампа «валетом». Определить площадь сечения исходной заготовки, если наибольшая площадь поперечного сечения совокупности двух поковок равна 40 см^2 , площадь сечения в том же месте заусенца 2 см^2 , а угар металла составляет 1%. Ответ: 42.4 см^2 .

10. Назначить допуски, допускаемые отклонения и припуски на поковку «Втулка» из стали 65 (0,62-0,70% C; 0,5-0,8% Mn; 0,17-0,37% Si; до 0,25% Cr) (рис. 43). Составить чертеж поковки Геометрические размеры: $D_1 = (140 + N) \text{ мм}$, $D_2 = (120 + N) \text{ мм}$, $D_3 = (65 + N) \text{ мм}$, $H_1 = (80 + N) \text{ мм}$, $H_2 = (60 + N) \text{ мм}$, $H_3 = (12 + N) \text{ мм}$ мм. Выбор геометрических размеров осуществляется по номеру студента в списке группы N .

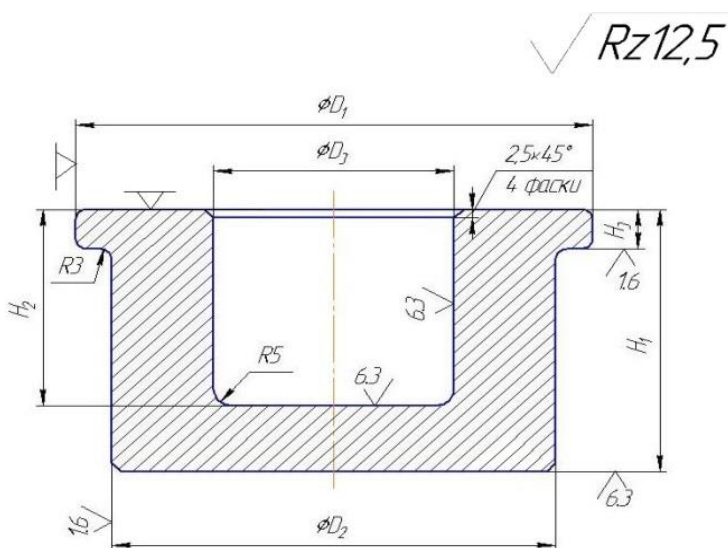


Рис. 44. Втулка

Пример. $N = 0$. Найдём массу детали M_d , разбив её объём условно на три легко вычисляемых элементарных объёма: V_1 – объём цилиндра высотой 80 мм и диаметром 120 мм; V_2 – объём кольца высотой 12 мм с наружным и внутренним диаметрами

140 мм и 120 мм соответственно; V_3 – объем цилиндра высотой 60 мм и диаметром 65 мм, численно равный объему полости. Затем элементарные объемы суммируем ($V_1 + V_2 - V_3$) и умножаем на величину плотности штампуемого металла $\rho = 7,8$ грамм/см³, т.е.

$$M_d = (V_1 + V_2 - V_3) \rho = 5,9 \text{ кг},$$

где объем поковки $V_{п} = V_1 + V_2 - V_3 = 754$ см³.

Исходные данные для расчета:

Расчетную массу поковки $M_{п.р}$ вычисляем по формуле:

$$M_{п.р.} = M_d \times K_p,$$

где K_p – расчетный коэффициент, устанавливаем по табл. 5. Так как деталь круглая по форме, то $K_p = 1,5 - 1,8$. Выбираем $K_p = 1,6$. Тогда масса поковки $M_{п.р} = 5,9 \cdot 1,6 = 9,4$ кг., расчетный объем поковки 1206 см³.

Класс точности по таблице 8 при открытой штамповке на кри-вошипных горячештамповочных прессах – Т4.

Группа сталей по табл. 6, так как средняя массовая доля углерода в стали более 0,655 – М3.

Определим степень сложности поковки по отношению массы поковки $M_{п} / M_{ф}$ к массе геометрической фигуры $M_{ф}$, описывающей поковку. Такой геометрической фигурой является цилиндр высотой 8 x 1,05 см и диаметром 14 x 1,05 см, где 1,05 коэффициент увеличения. Объем фигуры будет равен $V_{ф} = 1425$ см³, а масса 11,1 кг. Отношение масс $M_{п} / M_{ф} = 9,4 / 11,1 = 0,85$. Тогда степень сложности по табл. 7 – С1.

Конфигурация поверхности разъема штампа – плоская;

Исходный индекс – 10.

Основные припуски на размеры по диаметрам и толщинам, мм:

1,3 диаметр 140 мм шероховатость 12,5;

1,6 диаметр 120 мм шероховатость 1,6;

1,5 диаметр впадины 65 мм шероховатость 6,3;

1,7 толщина 80 мм шероховатость 6,3;
1,4 толщина 80 мм шероховатость 12,5;
1,1 толщина 12 мм шероховатость 12,5;
1,4 толщина 12 мм шероховатость 1,6;
1,6 глубина впадины 60 мм шероховатость 6,3;

Дополнительные припуски, учитывающие:

отклонение от плоскостности по табл. 12 – 0,4 мм;
смещение по поверхности разъема штампа по табл. 11 – 0,2 мм.

Штамповочный уклон:

на наружной поверхности – не более 5°, принимается 3°;
на внутренней поверхности – не более 7°, принимается 7°.

Размеры поковки, мм:

Диаметр $140 + 2(1,3 + 0,2) = 143$, принимаем 143;

Диаметр $120 + 2(1,6 + 0,2) = 123,6$, принимаем 124;

Диаметр впадины $65 - 2(1,5 + 0,2) = 61,6$, принимаем 61;

Толщина $80 + 1,7 + 1,4 + 2 \times 0,4 = 83,9$, принимаем 84;

Толщина $12 = 1,4 + 1,1 + 2 \times 0,4 = 15,3$, принимаем 16;

Глубина (пункт 6.4 [1]) $60 \times 0,8 = 48$, принимаем 50;

радиус $18 - (1,9 + 0,2) = 15,6$, принимаем 16.

Радиус закругления наружных углов по табл. 19 7505-89[17] –
3 мм.

Допускаемые отклонения размеров:

диаметр $143_{-0,7}^{+1,3}$ толщина $84_{-0,7}^{+1,3}$

диаметр $124_{-0,7}^{+1,3}$ толщина $16_{-0,5}^{+0,9}$

диаметр $61_{-0,5}^{+1,1}$ глубина $50_{-0,5}^{+1,1}$

Неуказанные отклонения от плоскостности [1, п. 5.16] – 0,8 мм.

Неуказанная величина остаточного облоя [1, табл. 10] – 1 мм.

Припуски на механическую обработку и допуски на размер, а также штамповочные уклоны и радиусы закругления углов поковки рассчитаны по ГОСТ 7505-89 [19] и учтены на чертеже поковки, представленном на рис. 44.

Наиболее рациональным является следующая последовательность штамповки поковки на рис. 45: осадка заготовки с формированием неглубокой полости, штамповка в окончательном открытом ручье.

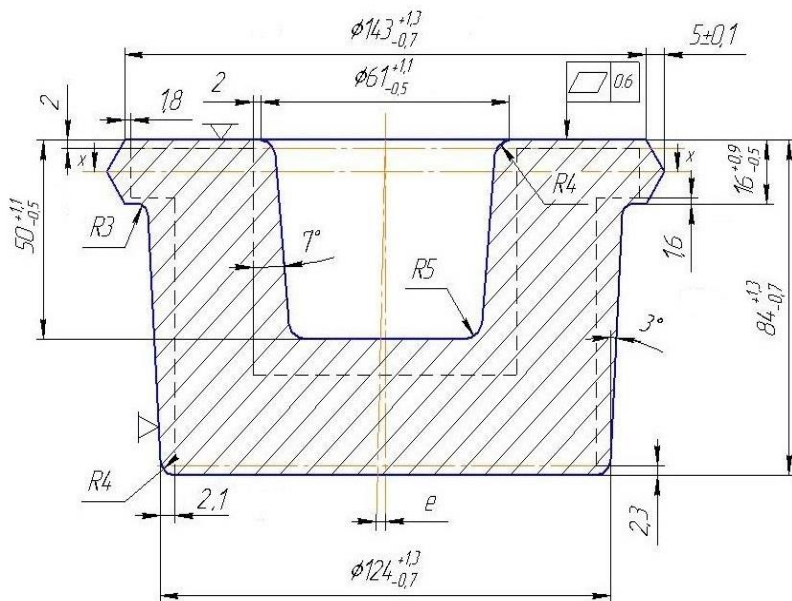


Рис. 45. Чертеж поковки «втулка»

11. Определить массу стальной заготовки, предназначенной для изготовления поковки типа шестерни, если объем исходной заготовки 1300 см^3 . Ответ: 10.2 кг.

12. Чему равна средняя масса торцового заусенца, если изготавливаемая выдавливанием стальная поковка со стержнем имеет головку диаметром 80 мм? Ответ: 11,8 г.

13. Определить глубину пережимного ручья на участках обжатия металла поковки, если площадь поперечного сечения поковки с учетом заусенца равна 36 см^2 . Ответ: $h_{\text{об}} = 4,8 \text{ см}$; $h_{\text{пер}} = 6,6 \text{ см}$.

14. Поковку круглого сечения изготавливают способом прямого выдавливания металла. Определить наибольшие диаметры полости матрицы и рабочего отверстия (очка) матрицы, если диаметр исходной заготовки 120 мм, а диаметр стержня поковки с учетом усадки металла и верхнего отклонения допуска 52 мм. Ответ: $D_0 = 130$ мм; $d_0 = 52$ мм.

15. Поковку некруглой формы в плане изготавливают способом прямого выдавливания металла. Определить приведенные диаметры полости матрицы и рабочего отверстия (очка) матрицы, если площади сечения полости матрицы и рабочего отверстия (очка) соответственно равны 121 и 49 см². Ответ: $D_{пр} = 124$ мм; $d_{пр} = 79$ мм.

16. Чему равны коэффициент вытяжки и относительное обжатие металла при штамповке прямым выдавливанием, если площадь сечения исходной заготовки 480 см², а площадь сечения выдавленной поковки 60 см²? Ответ: $K_B = 8$; $\delta = 87,5\%$.

17. Определить скорость прямого выдавливания металла из рабочего отверстия (очка) матрицы, если диаметры полости и рабочего отверстия матрицы составляют соответственно 15 и 5 см. Скорость движения пуансона в момент начала деформации равна 0,5 м/с. Ответ: 4,5 м/с.

18. Пользуясь упрощенной формулой, найти усилие горячего прямого выдавливания поковки круглого сечения из стали 20, если диаметр утолщенной части поковки, полученной после выдавливания, равен 120 мм, а диаметр стержня поковки, оформленный выдавливанием, 40 мм. Число ходов ползуна пресса в минуту >40. Ответ: 19,2 МН.

19. Поковку шестерни (рис. 46) из стали 40 изготавливают в открытом штампе. Определить усилие пресса. Ответ: 18,45 МН.

20. Установить группу, подгруппу и тип штампуемой деталина КГШП (рис. 47). Определить массу поковки, класс точности, группу сталей, степень сложности, припуски и допуски на размер, а также штамповочные уклоны и радиусы закругления углов.

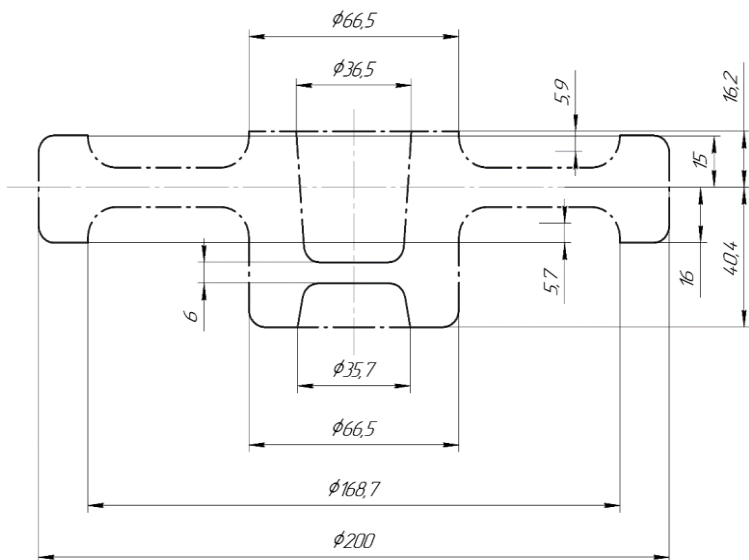


Рис. 46. Поковка шестерни

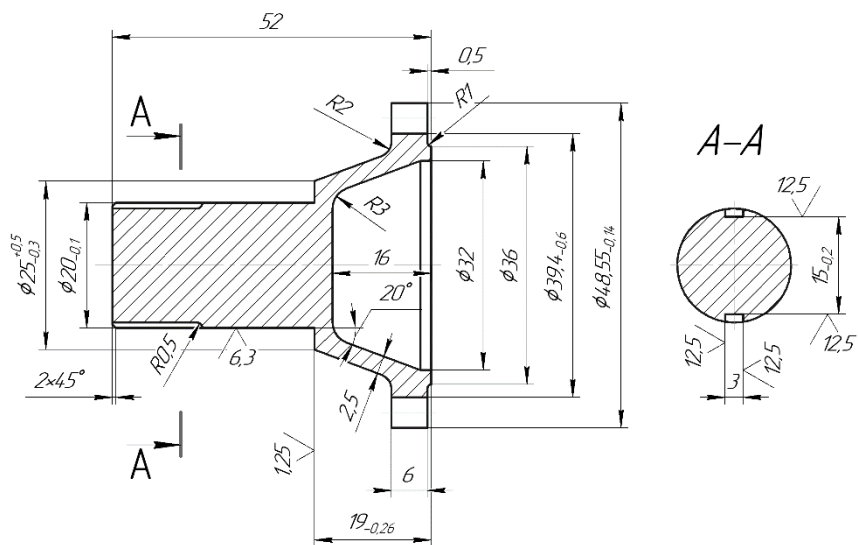


Рис. 47. Чертеж детали «шестерня»

2.6. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах

2.6.1. Теоретические сведения

Припуски и допуски поковок определяют по ГОСТ 7505-74 с учетом тех же факторов, что и при штамповке на молотах и прессах. Штамповочные уклоны на участках поковки, формуемых в полости пуансона, принимают: наружные $15' - 1^\circ$; внутренние $30' - 2^\circ$. Для участков, формуемых в матрице, наружные уклоны не предусматривают, а внутренние уклоны принимают $1 - 5^\circ$.

Объем высаживаемой части прутка при штамповке с поперечным кольцевым заусенцем

$$V_B = (V_{пок} + V_3) \frac{100 + \delta_y}{100},$$

где $V_{пок}$ – объем поковки; V_3 – объем поперечного заусенца; δ_y – угар металла, %.

Длина высаживаемой части прутка, см:

$$L_B = \frac{(V_{пок} + V_3)(100 + \delta_y)}{F_{заг} \cdot 100},$$

где $F_{заг}$ – площадь поперечного сечения прутка (заготовки).

Полная длина заготовки при штамповке поковки со стержнем

$$L_{заг} = L_B + L_c,$$

где L_c – длина стержня (рис. 46).

Объем поковки

$$V_{пок} = \frac{\pi D_{пок}^2}{4} L_{пок} + \frac{\pi D_{заг}^2}{4} L_c,$$

где $D_{\text{пок}}$ – диаметр поковки.

Объем поперечного заусенца (рис. 48)

$$V_3 = \left[\frac{\pi(D_{\text{пок}} + 2b_3)^2}{4} - \frac{\pi D_{\text{пок}}^2}{4} \right] h_3,$$

где b_3 – ширина поперечного заусенца; h_3 – толщина заусенца (табл. 12).

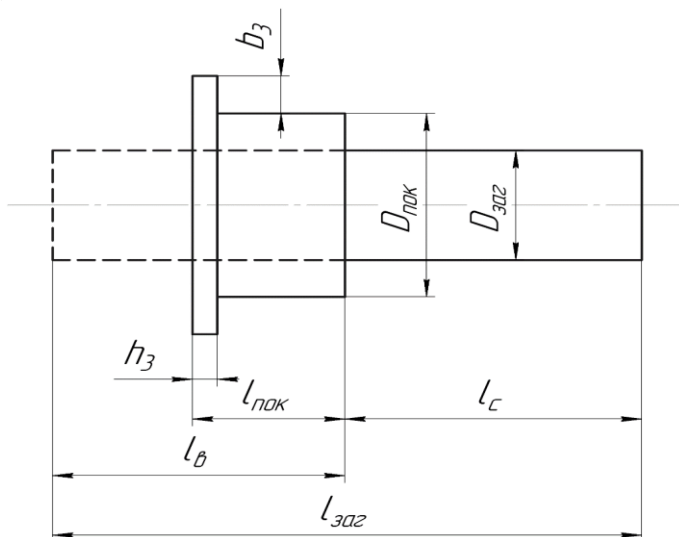


Рис.8. Цилиндрическая поковка с высаженым утолщением и поперечным заусенцем

Таблица 12. Размеры поперечного заусенца

$D_{\text{пок}}$, мм	b_3 , мм	h_3 , мм
<20	5	1
20-50	5-8	1,5
50-80	8-10	2,5
80-120	10-12	3
120-160	12-14	3,5

Объем заготовки

$$V_{заг} = (V_{пок} + V_c + V_3) \frac{100 + \delta_y}{100},$$

где V_c – объем стержня.

Форма ручьев, применяемых для набора металла, представлена на рис. 49.

1. Условие высадки выступающего конца заготовки за одну операцию (рис. 49,а). Длина конца прутка L_B не должна превышать $2,5 D_{заг}$.

2. Предельный диаметр матрицы D_M , мм (рис. 49,б), если $L_B \geq 2,5 D_{заг}$:

$$\text{при } m \leq D_{заг} \quad D_M \leq 1,5 D_{заг};$$

$$\text{при } m \leq 1,5 D_{заг} \quad D_M \leq 1,25 D_{заг},$$

где m – длина части заготовки, находящейся вне полости ручья штампа.

3. Предельный больший диаметр $d_{\bar{o}}$ конической полости пуансона, мм (рис. 49,в), если $L_B > 2,5 D_{заг}$:

$$\text{при } m \leq 2 D_{заг} \quad d_{\bar{o}} \leq 1,5 D_{заг} \quad (d_M = D_{заг});$$

$$\text{при } m \leq 3 D_{заг} \quad d_{\bar{o}} \leq 1,25 D_{заг} \quad (d_M = D_{заг});$$

$$\text{при } m \leq D_{заг} \quad d_{\bar{o}} \leq 1,5 d_{cp}$$

где d_{cp} – средний диаметр конической полости пуансона:

$$d_{cp} = \frac{d_{\bar{o}} + d_M}{2}.$$

4. Если высаживаемая часть прутка L_B не выступает за пределы матрицы (рис. 49,г), то диаметр утолщения D_y можно не ограничивать при условии, что длина утолщения $L_y \leq 3 D_{заг}$.

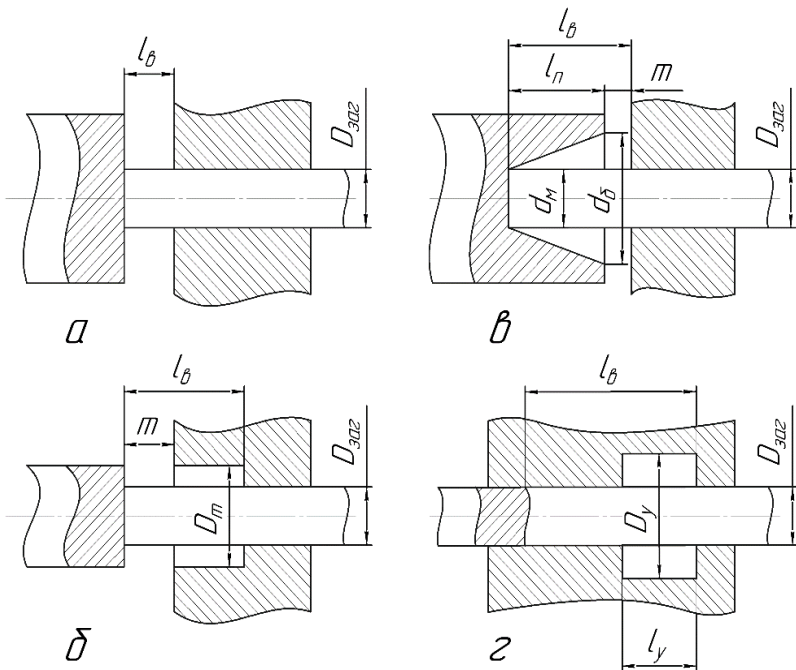


Рис. 49. Форма ручьев для набора металла и расположение заготовки в ручье: а – конец заготовки не зажат; б – в цилиндрической матрице; в – в коническом пуансоне; г – конец заготовки не выступает за пределы матрицы

Чередование наборных ручьев круглого и квадратного сечений (по А.Н. Брюханову и А.В. Ребельскому):

переход с круга на квадрат

при $m = D_{заг} A_M = 1,5 D_{заг}$;

при $m = 1,5 D_{заг} A_M = 1,25 D_{заг}$;

переход с квадрата на круг

при $m = a_{заг} D_M = 1,5 a_{заг}$;

при $m = 1,5 a_{заг} D_M = 1,2 a_{заг}$,

где A_m – сторона квадратного сечения матрицы, мм; $a_{заг}$ – диагональ поперечного сечения заготовки, мм; D_m – диаметр матрицы последующего ручья, мм.

Масса металла, приходящаяся на одну поковку, с учетом отхода на некрatность раскроя и зажим в матрице прутка

$$G = G_{заг} + \frac{l_0 G_{пр}}{n_{пок}}$$

где $G_{заг}$ – масса заготовки, l_0 – длина отхода от прутка; $G_{пр}$ – масса 1 м прутка; $n_{пок}$ – число поковок, получающихся от прутка.

Число заготовок получающихся из прутка:

$$n_{заг} = \frac{L - l_0}{L_{заг}}$$

где L – длина прутка; l_0 – длина отхода по некрatности и зажиму прутка в матрице; $L_{заг}$ – длина заготовки.

Усилие высадки поковок

$$P_B = k \frac{\pi D_{II}^2}{4} \sigma_{Bt}$$

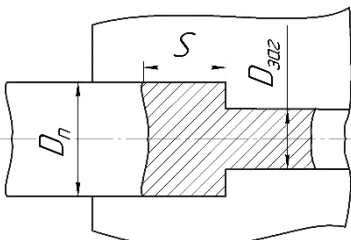
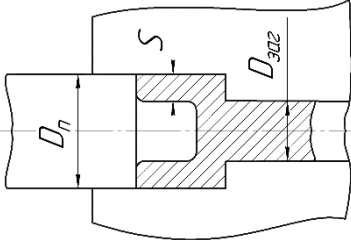
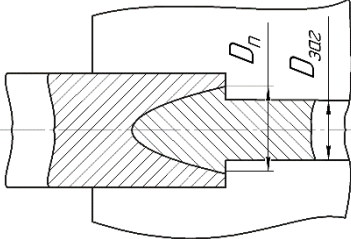
где k – коэффициент, зависящий от отношения размера наиболее тонкого элемента поковки S к диаметру заготовки $D_{заг}$, от толщины тонкого элемента поковки или от характера производимой операции, определяют по табл. 13; D_{II} – диаметр пуансона или полости матрицы; σ_{Bt} – предел прочности материала при температуре окончания штамповки (табл. 10).

Усилие сквозной прошивки

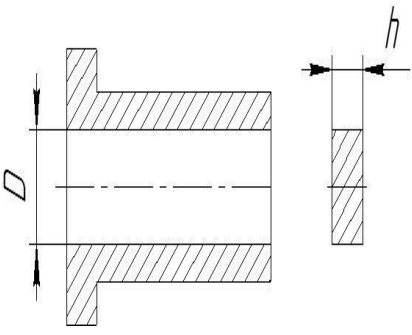
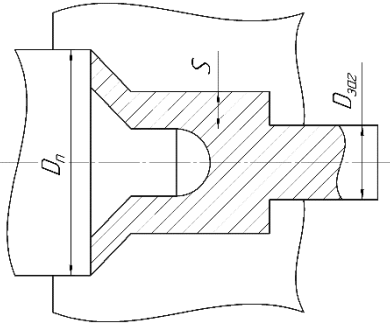
$$P_{II} = 0,8kUh\sigma_{Bt} = 0,8k\pi Dh\sigma_{Bt}$$

где k – коэффициент определяемый по табл. 13, $k = 1,7$; U – периметр контура прошиваемого отверстия, мм; D – диаметр прошиваемого отверстия, мм; h – толщина прошиваемой части поковки, мм; σ_{Br} – предел прочности материала при температуре прошивки (см. стр. 93-94, горячая обрезка заусенца).

Таблица 13. Коэффициент k

Условия высадки	Эскиз высадки или прошивки	$S/D_{заг}$	k
Высадка фланца плоским пуансоном		0,4	5
		0,8	3
		1,2	1,7
		1,6	1,2
Высадка тонкостенных полых деталей		0,2	8
		0,4	6,5
		0,6	5
		0,8	4
		1,0	3
		1,2	2,5
		1,4	2
Высадка в конусной полости пуансона		-	4,0

Окончание табл. 13

Сквозная прошивка с срезом		-	1,7
Прошивка с раз- дочкой материала в сторону		S	k
		6	6,5
		8	5,5
		10	4,6
		12	4,1
		14	3,8
		16	3,5

После расчета усилия высадки следует выбрать по ГОСТ 7023-89 горизонтально-ковочную машину с вертикальным разъемом матриц [25] или каталогу [38] с ближайшим большим усилием 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150 тс (0,98-31,1 МН).

2.6.2 Задачи и упражнения

1. Поковка массой 3 кг высаживается из стального прутка диаметром 50 мм. Заусенец отсутствует, а угар металла 2%. Найти длину высаживаемой части прутка. Ответ: 199 мм.

2. Объем поковки 2000 см^3 , а заусенца 20 см^3 . Найти объем высаживаемой части прутка, если угар металла 3%. Ответ: 2081 см^3 .

3. Найти наибольшую массу предусматриваемого поперечного заусенца, если высаживаемая поковка имеет диаметр 100 мм. Ответ: 99 г.

4. Можно ли высадить за одну операцию незажатый конец заготовки, если течение металла в стороны не ограничено, длина незажатого конца заготовки 180 мм, а диаметр заготовки 50 мм? Ответ: высадить нельзя.

5. Поковка высаживается в цилиндрическом ручье матрицы из прутка диаметром 40 мм. Длина высаживаемой части прутка больше трех диаметров заготовки. Длина заготовки, находящейся вне полости ручья штампа, равна $\frac{3}{4}$ диаметра заготовки. Найти предельный диаметр ручья матрицы. Ответ: 60 мм.

6. Поковка конической формы высаживается из прутка диаметром 60 мм. Длина его высаживаемой части более трех диаметров заготовки. Длина прутка, находящегося вне полости ручья штампа, равна 2,5 диаметрам заготовки. Найти предельный размер большего диаметра конического ручья. Ответ: 75 мм.

7. Квадратная часть заготовки, диагональ которой равна 30 мм, высаживается на круг. Длина ее части, находящейся вне полости ручья штампа, равна диагонали поперечного сечения заготовки. Найти диаметр цилиндрического ручья. Ответ: 45 мм.

8. Определить массу металла, требуемого на одну поковку с учетом отхода на некрatность раскроя и зажим в матрице, если масса заготовки 2 кг, длина отхода прутка 250 мм, масса 1 м прутка равна 8 кг, а из прутка получается 7 поковок. Ответ: 2,3 кг.

9. Сколько заготовок можно получить из прутка длиной 1 м, если длина заготовки 170 мм, а длина отхода 150 мм? Ответ: 5 заготовок.

10. На круглой заготовке диаметром 50 мм высаживается плоским пуансоном фланец диаметром 90 мм, толщиной 20 мм.

Найти усилие высадки, если предел прочности материала при температуре высадки 98 МПа. Ответ: 3,12 МН.

11. Найти усилие высадки полой детали путем прошивки поковки с раздачей материала в стороны. Фланец поковки подготовлен в предыдущем ручье. Диаметр пуансона 100 мм, а толщина стенки полой детали 8 мм. Предел прочности материала при температуре высадки принять равным 98 МПа. Ответ: 4,2 МН.

12. Для высадки поковки требуется горизонтально-ковочная машина усилием не менее 1100 тс (10,8 МН). Сделать выбор по каталогу горизонтально-ковочных машин. Ответ: 12,25 МН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брюханов, А.Н. Ковка и объемная штамповка / А.Н. Брюханов – Москва : Машиностроение, 1975. – 408 с.
2. Бойцов, В.В. Горячая объемная штамповка / В.В. Бойцов, И.Д. Трофимов. – Москва : Высшая школа, 1982 – 270 с.
3. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник / Под ред. М.В. Сторожева. – Москва : Машиностроение, 1968. – Т. II. – 448 с.
4. Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. / Под ред. Е.И. Семёнова. – Москва : Машиностроение, 1985. – Т. 1: Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка. – 568 с.
5. Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. / Под ред. Е.И. Семёнова. – Москва : Машиностроение, 1986. – Т. 2: Горячая штамповка. – 592 с.
6. Ковка и штамповка цветных металлов: справочник / Н.И. Корнеев, В.М. Аржаков, Б.Г. Бармашенко [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1971. – 232 с.
7. Мансуров, А.М. Технология горячей штамповки / А.М. Мансуров. – Москва : Машиностроение, 1971. – 415 с.
8. Охрименко, Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства / Я.М. Охрименко – Москва : Машиностроение, 1976. – 560 с.
9. Семенов, Е.И. Ковка и объемная штамповка / Е.И. Семенов – Москва : Высшая школа, 1972. – 352 с.
10. Сгибнев, В.Ф. Ковочно-штамповочное производство / В.Ф. Сгибнев – Москва : Машиностроение 1980. – 144 с.
11. Справочник кузнеца-штамповщика / В.И. Ершов, В.В. Уваров, А.С. Чумадин [и др.]. – Москва : Изд-во МАИ, 1996. – 352 с.

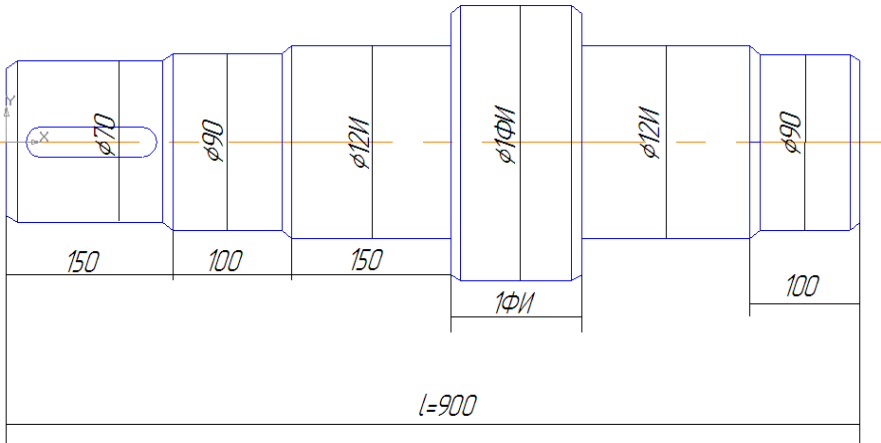
- 12.Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – Москва : Машиностроение, 1977. – 423 с.
- 13.ГОСТ 7829-89. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые свободной ковкой на молотах. – Москва : Издательство стандартов, 1989. – 40 с.
- 14.ГОСТ 7062-90. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. – Москва : Издательство стандартов, 2003. – 29 с.
- 15.ГОСТ 3.1706-83. Правила записей и переходов. – Москва : Издательство стандартов, 2001. – 6 с.
- 16.ГОСТ 9752-61. Молоты ковочные паровоздушные двойного действия арочного и мостового типов. Основные параметры и размеры. – Москва : Издательство стандартов. 2001. – 6 с.
- 17.ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 52 с.
- 18.ГОСТ 8479-70. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Технические условия. – Москва : Издательство стандартов, 1970. – 15 с.
- 19.ГОСТ 3.1126-88. Единая система технологической документации. Правила выполнения графических документов на поковки. – Москва : Издательство стандартов, 1988. – 23 с.
- 20.ГОСТ 6809-87. Прессы кривошипные горячештамповочные. Параметры и размеры. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 9 с.
- 21.ГОСТ 2.429-88. Правила выполнения чертежей поковок. – Москва : Издательство стандартов, 1988. – 23 с.
- 22.ГОСТ 7284-88. Прессы гидравлические ковочные. – Москва : Издательство стандартов, 1988.
- 23.ГОСТ 7023-89. Машины горизонтально-ковочные с вертикальным разъемом матриц. – Москва : ИПК – Москва : Издательство стандартов, 1998.

24. Горюханов, А.Н. Ковка и объёмная штамповка / А.Н. Горюханов. – Москва : Машиностроение, 1975. – 408 с.
25. Наумчев, Б.А. Основы теории ковки и объёмной штамповки / Б.А. Наумчев, А.П. Атрошенко. – Куйбышев : КГПИ, 1974. – 374 с.
26. Сторожев, М.В. Технология ковки и горячей штамповки цветных металлов и сплавов : учебник для вузов / М.В. Сторожев, П.И. Середин, С.Б. Кирсанова. – Москва : Высшая школа, 1967. – 350 с.
27. Теория и технология ковки / Л.Н. Соколов, Н.К. Голубятников, В.Н. Ефимов [и др.]. – Киев : Вища шк. Головное изд-во, 1989. – 317 с.
28. Титов, Ю.А. Свободная ковка. Основные операции и технологии / Ю.А. Титов, А.Ю. Титов. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 73 с.
29. Семенов, Е.И. Технология и оборудование ковки и горячей штамповки / Е.И. Семенов. – Москва : Машиностроение, 1999. – 384 с.
30. Охрименко, Я.М. Теория процессов ковки : учебное пособие для вузов / Я.М. Охрименко, В.А. Тюрин. – Москва : Высшая школа», 1977. – 295 с
31. Тарновский, И.Я. Свободная ковка на прессах / И.Я. Тарновский. – Москва : Машиностроение, 1967. – 328 с.
32. Технологический справочник по ковке и объёмной штамповке / Под ред. М.В. Сторожева. – Москва : Машиностроение, 1958. – 643 с.
33. Теория и технология процессов ковки и прессования: Составление чертежа поковки и разработка технологии ковки : учебно-метод. пособие / А.Г. Кобелев, В.А. Тюрин, М.А. Шаронов [и др.]. – Москва : МИСИС, 2002. – 64 с.
34. Каргин, В.Р. Теория и технология ковки : учебное пособие / В.Р. Каргин, Б.В. Каргин, Е.В. Арышенский. – Самара : Издательство Самарского университета, 2021. – 144 с.

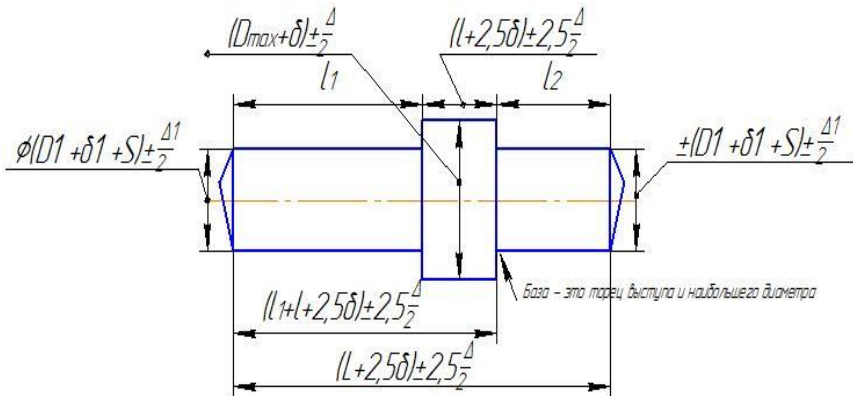
35. Технология горячей штамповки на кривошипных прессах : метод. указания для выполнения контрольной работы / В.Р. Каргин, Б.В. Каргин. – Самара, 2020. – 57 с.
36. Кузнечно-прессовое оборудование 2003 г. : номенклатурный каталог : ИКФ «Каталог». – Москва : ИКФ «Каталог», 2003. – 106 с.
37. Бабенко, В.А. Объемная штамповка: Атлас схем и типовых конструкций штампов / В.А. Бабенко, В.В. Бойцов, Ю.П. Волик. – Москва : Машиностроение, 1962. – 104 с.
38. Юсипов, З.И. Обработка металлов давлением и конструкция штампов / З.И. Юсипов, Ю.И. Каплин. – Москва : Машиностроение, 1981. – 272 с.
39. Штампы для горячего деформирования металлов / Под ред. М.А. Тылкина. – Москва : Высшая школа, 1977. – 495 с.

Индивидуальное задание 1

Разработать технологический процесс свободнойковки на молоте стальной детали «вал – шестерня»



Этапы расчета:



1. Назначить напуск, выбрать основные припуски и допуски на диаметры ступеней, общую длину поковки и длины участков.

2. Спроектировать чертеж поковки с размерами. Определить объемы детали и поковки $V_{дет}$, $V_{пок}$.

3. Рассчитать массы детали $G_{дет}$ и $G_{пок}$, если удельный вес материала $\gamma = 7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

4. Определить массу заготовки $G_{заг}$ и размеры $D_{заг}$, $L_{заг}$, получаемой из круглого проката, если коэффициент уковки $k = 1,5$

$$G_{заг} = (G_{пок} + G_{обрези}) / (1 - ПУ), G_{обрези} = \gamma l_{обрези} \cdot \frac{\pi d_{обрези}^2}{4},$$

$$l_{обрези} \approx \frac{1}{3} d_{обрези}$$

441-гр	2,5%	0,025
442-гр	3,0%	0,03
443-гр	4,0%	0,04

ПУ – потеря на окалину

$$D_{заг} = \sqrt{k D_{пок}^2}, L_{заг} = \frac{4V_{заг}}{\pi D_{заг}^2}.$$

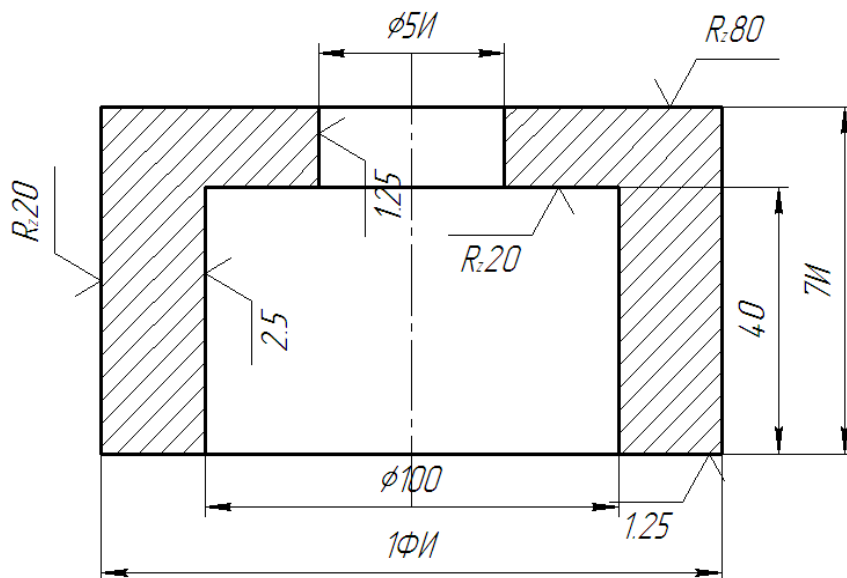
5. Рассчитать выход годного $\eta = \frac{G_{пок}}{G_{заг}} \cdot 100\%$.

6. Подобрать по номограмме молот.

7. Привести эскизы заготовки и инструмента по переходам.

Индивидуальное задание 2

Разработать чертеж поковки, изготавливаемой штамповкой на молоте по чертежу готовой детали «втулка» из стали 40ХН.



Порядок выполнения:

1. Найти массу детали ($\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$) в кг.
2. Определить основные параметры поковки:
 - Точность изготовления.
 - Группу стали.
 - Степень сложности.

$$C = \frac{m_{\text{п}}}{M_{\phi}}$$

где m_{II} – расчетная масса поковки, $m_{II} = 1,25m_D$; M_ϕ – масса геометрической фигуры (цилиндр, параллелепипед) в которую вписана

данная поковка, $m_\phi = \frac{\pi(D_{\max} \cdot 1,05)^2}{4} \cdot (H_{\max} \cdot 1,05)\rho$.

• конфигурация поверхности разъема штампов (плоская, изогнутая).

3. Назначить основные припуски на размеры.

4. Выбрать штамповочные уклоны и радиусы закруглений.

5. Рассчитать размеры поковки и назначить допустимые отклонения.

6. Выполнить в масштабе чертеж поковки и указать все технические условия.

7. Выбрать тип и основные размеры облойной канавки.

8. Рассчитать объем облоя.

9. Рассчитать объем поковки.

10. Найти объем заготовки с учетом угара, при нагреве в индукционной печи угар = $0,01 V_{заг}$, $V_{заг} = \frac{V_{пок} + V_{обл}}{0,99}$.

11. Выбрать размеры цилиндрической заготовки с учетом условия $\ell_{заг} / d_{заг} = 1,8 \div 2,3$ и Госта на сортамент прутков.

12. Определить переходы штамповки на молоте.

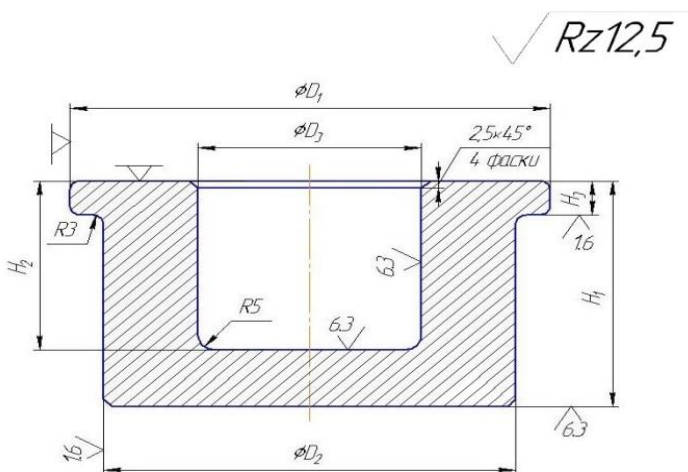
13. Дать эскизы заготовки по переходам.

14. Дать эскиз молотового штампа.

Индивидуальное задание 3

Разработать технологический процесс горячей объемной штамповки стальной поковки «втулка» на кривошипных горячештамповочных прессах в открытых штампах.

Исходные данные по детали



1. Геометрические размеры: $D_1 = 140 + N$, $D_2 = 120 + N$, $D_3 = 65 + N$, $H_1 = 80 + N$, $H_2 = 60 + N$, $H_3 = 12 + N$.

2. Материал -стали, применяемые для штампованных изделий:
1- Ст 3; 2 – Ст -15; 3 – Ст 20; 4 – Ст 25; 5 – Ст 30; 6 – Ст 40;
7 – Ст 45; 8 – Ст 40; 9 – Ст 45; 10 – Ст 50; 11 – 15Х; 12 – 20Х;
13 – 18ХГТ; 14 – 30Х; 15 – 35Х; 16 – 38Х; 17 – 40Х; 18 – 45Х;
9 – 50Х; 20 – 35ХМ; 21- Ст 4; 22 – 40ХН; 23 – 40ХН2МА;
24 – 20ХГНР; 25 – 30ХГСА; 26 – Ст 35; 27 – Ст 60; 28 – 35ХГ2;
29 – 38ХГА; 30 – 40ХГ.

3. Выбор геометрических размеров и марки стали осуществляется по номеру студента в списке группы N .

Единицы Международной системы

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение единиц измере- ния
Основные единицы		
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Дополнительные единицы		
Плоский угол	радиан	рад
Произвольные единицы		
Частота	герц	Гц
Угловая скорость (угловая частота)	радиан на секунду	рад/с
Скорость	метр на секунду	м/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с ²
Площадь	метр в квадрате	м ²
Статический момент	метр в кубе	м ³
Осевой момент инер- ции площади сечения	метр в четвертой степени	м ⁴
Плотность	килограмм на метр в кубе	кг/м ³
Сила	ньютон	Н
Удельный вес	ньютон на метр в кубе	Н/м ³
Напряжение, давление, нагрузка, распределен- ная по поверхности	паскаль	Па
Погонная нагрузка	ньютон на метр	Н/м
Момент силы	ньютон-метр	Н×м
Работа и энергия	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт

Учебное издание

*Каргин Борис Владимирович,
Каргин Владимир Родионович,
Казаков Антон Вячеславович*

ПРАКТИКУМ ПО ТЕОРИИ И ТЕХНОЛОГИИ КОВКИ И ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

Практикум

Редакционно-издательская обработка Л. Р. Дмитриенко
Компьютерная верстка Л. Р. Дмитриенко

Подписано в печать 23.05.2022. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печ. л. 8,75.

Тираж 25 экз. Заказ . Арт. – 2(Р1ПР)/2022.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

